

**KAJIAN JARAK JANGKAU EFEK VEGETASI POHON
TERHADAP SUHU UDARA PADA SIANG HARI
DI PERKOTAAN
(Studi Kasus: Kawasan Simpang Lima Kota Semarang)**



Tesis

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana S-2 pada
Program Studi Ilmu Lingkungan

TAUHID
L4K007012

**PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2008**

T E S I S

**KAJIAN JARAK JANGKAU EFEK VEGETASI POHON
TERHADAP SUHU UDARA PADA SIANG HARI
DI PERKOTAAN
(Studi Kasus: Kawasan Simpang Lima Kota Semarang)**

Disusun oleh

T A U H I D
L4K007012

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Mengikuti Ujian Tesis pada
Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana
Universitas Diponegoro

Mengetahui:
Komisi Pembimbing,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Kedua,

Ir. Parfi Khadiyanto, MS

Ir. Agus Hadiyanto, MT

Ketua Program
Magister Ilmu Lingkungan,

Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES

LEMBAR PENGESAHAN

**KAJIAN JARAK JANGKAU EFEK VEGETASI POHON
TERHADAP SUHU UDARA PADA SIANG HARI
DI PERKOTAAN
(Studi Kasus: Kawasan Simpang Lima Kota Semarang)**

Disusun oleh

T A U H I D
L4K007012

Telah Dipertahankan di Depan Tim Penguji
Pada Tanggal 18 Juli 2008
dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat untuk Diterima

Ketua,

Tanda Tangan

Ir. Parfi Khadiyanto, MS

.....

Anggota,

1. **Ir. Agus Hadiyanto, MT**

.....

2. **Ir. Danny Soetrisnanto, M.Eng**

.....

3. **Ir. Wahyu Krisna Hidajat, MT**

.....

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Studi Ilmu Lingkungan seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya *plagiat* dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Semarang, 18 Juli 2008

T a u h i d

BIODATA PENULIS



Tauhid, anak dari pasangan Abdurrazaq Lappa Ibrahim dengan Sabbahanuri Abdurrahman, dilahirkan di Soni, Kabupaten Tolitoli, Sulawesi Tengah, pada tanggal 12 Maret 1974. Pada tahun 1981-1987, menempuh pendidikan SD pada Sekolah Dasar Negeri 2 Soni, Dampal Selatan, Tolitoli.

Menamatkan pendidikan SLTP pada SMP Negeri 1 Dampal Selatan pada tahun 1990. Minat pada bidang pertanian menjadi motivasi untuk menempuh pendidikan dalam spesifikasi Ilmu Agronomi pada Sekolah Pertanian Pembangunan - Sekolah Pertanian Menengah Atas (SPP-SPMA) Pemerintah Propinsi Sulawesi Tengah di Sidera Biromaru, dari tahun 1990-1993. Pendidikan S-1 pada Program Studi Agronomi, Jurusan Budidaya Pertanian pada Fakultas Pertanian Universitas Tadulako (UNTAD) Palu. Pendidikan S-1 diselesaikan pada tahun 1998, dengan skripsi berjudul “Pengaruh Bahan Organik Terhadap Beberapa Sifat Fisik Tanah dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.).

Pada awal tahun 1999, mulai meniti karier sebagai tenaga edukatif pada Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Al-Khairaat (UNISA) Palu. Terhitung 1 Maret 2000 berstatus sebagai Calon Pegawai Negeri Sipil (CPNS) Pusat pada Departemen Kehutanan R.I. yang diperbantukan pada Dinas Perhutanan dan Konservasi Tanah (PKT) Kabupaten Sidenreng Rappang, Sulawesi Selatan. Sejak Desember 2000 beralih status menjadi PNS Daerah pada Pemerintah Kabupaten Sidenreng Rappang pada unit kerja Dinas Kehutanan dan Perkebunan.

Pada tanggal 1 Juni 2004, atas permintaan sendiri, dimutasikan ke Pemerintah Kabupaten Tolitoli, Sulawesi Tengah pada Dinas Kehutanan. Terhitung 1 Januari 2007, diamanahi jabatan struktural sebagai Kepala Seksi Pengelolaan Kawasan pada Bidang Tata Guna Hutan, Dinas Kehutanan. Mulai Agustus 2007, ditugaskan mengikuti pendidikan S-2 pada Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro Semarang melalui beasiswa Pusat Pembinaan, Pendidikan dan Pelatihan Perencana (Pusbindiklatren), Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS).

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur hanya kekhadirat Allah *rab* semesta alam atas segala nikmat-Nya yang tiada terhingga, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dan merampungkannya melalui penelitian dan penyusunan tesis ini. Rasa khawatir akan dampak pemanasan global (*global warming*), menjadi motivasi untuk ikut melakukan sesuatu yang dapat bermanfaat bagi lingkungan hidup, khususnya di perkotaan. Kondisi udara perkotaan yang makin tidak nyaman akibat suhu udara yang kian panas adalah sebuah fakta yang dijadikan objek penelitian. Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis jarak jangkau efek vegetasi pohon terhadap suhu udara lingkungan sekitar. Selanjutnya, melakukan analisis prosentase luas dan posisi penempatan vegetasi pohon agar efektif mengendalikan kenaikan suhu udara di perkotaan.

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 20 Maret sampai dengan 19 April 2008. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan menciptakan lingkungan yang nyaman di perkotaan, baik bagi pemerintah kota, usahawan properti, perencana wilayah kota, dan bagi warga kota. Secara umum, hasil penelitian ini diharapkan bisa bermanfaat dalam usaha mewujudkan *green city*, kota idaman masa depan. Sebagai *konklusi*, penulis menawarkan rekomendasi luas minimal penutupan vegetasi pohon sebagai upaya mewujudkan kota yang nyaman sebagai hunian dan tempat kerja.

Banyak pihak yang telah memberikan andil kepada penulis selama studi, khususnya dalam penelitian dan penyusunan tesis ini. Melalui lembaran ini, penulis menyampaikan terima kasih khususnya kepada:

1. Pusat Pembinaan, Pendidikan dan Pelatihan Perencana (Pusbindiklatren) BAPPENAS yang telah menyelenggarakan Program Beasiswa Pendidikan S2 Tahun 2007, dimana penulis sebagai salah seorang penerima beasiswa tersebut;
2. Bapak Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES dan Bapak Ir. Agus Hadiyanto, MT, selaku Ketua dan Sekretaris Program Magister Ilmu Lingkungan (MIL), Universitas Diponegoro Semarang; beserta segenap dosen pengampu.
3. Bapak Hi. Ma'ruf Bantilan, SH selaku Bupati Tolitoli dan Bapak Ir. Hi. Nurdin H.K., SE.MM, selaku Kepala Dinas Kehutanan Kabupaten Tolitoli, yang telah mendukung penulis untuk menempuh pendidikan pada Program Magister Ilmu Lingkungan (MIL), Universitas Diponegoro Semarang;

4. Bapak Ir. Parfi Khadiyanto, MS dan Bapak Ir. Agus Hadiyanto, MT yang telah meluangkan waktu dan mencurahkan pikirannya untuk membimbing penulis sejak persiapan penelitian hingga selesainya tesis ini;
5. Bapak Ir. Danny Soetrisnanto, M.Eng selaku Kepala Laboratorium Operasi Teknik Kimia (OTK) Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang; dan bersama Bapak Ir. Wahyu Krisna Hidajat, MT selaku anggota Tim Penguji, yang telah memberikan arahan serta saran perbaikan tesis ini;
6. Bapak Ir. Khairon selaku Kepala Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Wilayah Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta, yang telah meminjamkan peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini; dan Bapak Wawan Ridwan, Pejabat Fungsional pada Kelompok Instrumen, BMG, yang telah membantu penulis dalam pengamatan selama penelitian;
7. Bapak Ir. Sri Hardjito sekeluarga, rekan-rekan mahasiswa MIL Undip Angkatan 17 (kelas BAPPENAS): Gatot, Nanto, Ita, Rudi, Faizah, Nuryakin, Nurarif, Desy, Retno, Agus, Wawan, dan Yudhi; Angkatan 18 (kelas PU): Tular, Fery, Rasyid dan Aji; serta kru MIL: Edy Suhartono, Agus Hastomo, Doni Fajar, Fitri Nur Handayani; Eva Yulia dan Sulistiana;
8. Keluarga tercinta: ayahanda Abdurrazaq Lappa Ibrahima; ibunda Sabbahanuri Abdurrahman; istriku Rahmatina Lona' Parantean, SH; putra-putriku: Amrulhaq, Aqamulhaq dan Alinilhaq; kakanda Fatahuddin Hallu dan Patahna Abdurrazaq, kakanda Kasman Abdurrazaq dan Nursiah Muhaiang; adik Zaid Kasim Parantean; atas segala dukungan, dorongan, pengertian bahkan pengorbanan yang diberikannya;
9. Semua pihak yang belum sempat penulis sebutkan pada kesempatan ini.

Penulis telah berusaha menyusun tesis ini secara maksimal. Namun disadari bahwa tesis ini tidak luput dari kekurangan atau kekeliruan yang harus disempurnakan. Sehingga saran ataupun kritik konstruktif sangat diharapkan.

Dengan memohon ridho Allah *subhanahu wata'ala*, kiranya tesis ini dapat bermanfaat bagi lingkungan hidup, khususnya bagi terciptanya lingkungan perkotaan yang sehat dan nyaman. Semoga tesis ini terhitung sebagai amal kebaikan di sisi-Nya, amin.

Semarang, Juli 2008

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iv
BIODATA PENULIS	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR ISTILAH	xiii
ABSTRAK	xv
BAB I PEDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian	7
1.4. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Suhu (<i>Temperature</i>)	10
2.2. Suhu Udara Perkotaan	11
2.3. Hubungan Vegetasi dengan Suhu Udara	11
2.4. Hutan Kota	14
2.5. Suhu dan Kenyaman Manusia	16
2.6. Pengukuran Suhu Udara	17
2.7. Jenis Pohon Penghijauan	18
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Tahapan Penelitian	22
3.2. Penentuan Masalah	23
3.3. Studi Pendahuluan	23
3.4. Perumusan Masalah	23
3.5. Pendekatan dan Tipe Penelitian	24
3.6. Ruang Lingkup	24
3.7. Kerangka Pemikiran	25
3.8. Waktu Penelitian	26

3.9. Lokasi Penelitian	26
3.10. Variabel Penelitian	27
3.11. Jenis dan Sumber Data	28
3.12. Populasi dan Sampling	28
3.13. Instrumen Penelitian	30
3.14. Pengumpulan Data	33
3.15. Analisis Data	33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian	36
4.1.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	36
4.1.2. Hasil Pengukuran Suhu Udara	39
4.1.3. Hasil Pengukuran Kelembaban Nisbi Udara (Rh) ..	41
4.1.4. Angin dan Perawanan	42
4.2. Pembahasan	45
4.2.1. Fluktuasi dan Distribusi Suhu Udara	45
4.2.2. Arah dan Kecepatan Angin	49
4.2.3. Hubungan Vegetasi dan Suhu Udara	52
4.2.4. Jarak Jangkau Efek Pendinginan Suhu	57
4.2.5. Analisis Luas Hutan Kota	59
4.2.6. Analisis Penempatan Vegetasi	61
4.2.7. Vegetasi dalam Penataan Ruang Kota	64

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	69
5.2.1. Bagi Pemerintah Kota	69
5.2.2. Bagi Properti	71
5.2.3. Bagi Perencana	72
5.2.4. Bagi Warga Kota	73
5.2.5. Saran Kajian Lebih Lanjut	74

DAFTAR PUSTAKA	75
-----------------------------	----

LAMPIRAN	78
-----------------------	----

DAFTAR TABEL

Nomor	<i>Judul</i>	Halaman
1	Hasil Pengukuran Suhu Rerata dari 20 Hari Pengukuran pada Titik Pusat <i>Canopy</i> (P), Ujung <i>Canopy</i> (U), Area dengan Penutupan Vegetasi 30% (V_{30}) dan Area dengan Penutupan Vegetasi 10% (V_{10})	39
2	Hasil Pengukuran Suhu Rerata pada jam 09.00, 11.00, 13.00 dan 15.00 pada Titik Pusat <i>Canopy</i> (P), Ujung <i>Canopy</i> (U), Area dengan Penutupan Vegetasi 30% (V_{30}) dan Area dengan Penutupan Vegetasi 10% (V_{10})	40
3	Hasil Pengukuran Suhu Rerata pada Titik Kontrol Dibandingkan dengan Titik Pusat <i>Canopy</i> (P), Ujung <i>Canopy</i> (U), Area dengan Penutupan Vegetasi 30% (V_{30}) dan Area dengan Penutupan Vegetasi 10% (V_{10}) pada 3 (Tiga) Hari Pengukuran (Tanggal 14,15 dan 16 April 2008)	40
4	Hasil Pengukuran Kelembaban Nisbi Udara (Rh) Rerata Setiap Jam Pengamatan dari 20 Hari Pengukuran pada Titik Pusat <i>Canopy</i> (P), Ujung <i>Canopy</i> (U), Area dengan Penutupan Vegetasi 30% (V_{30}) dan Area dengan Penutupan Vegetasi 10% (V_{10})	41
5	Perbedaan Suhu Udara ($^{\circ}$ C) Antara Titik Pusat <i>Canopy</i> (P) dengan Area dengan Penutupan Vegetasi 30% (V_{30}) Berdasarkan Arah dan Kecepatan Angin	42
6	Rekapitulasi Hasil Perawanan dari 20 Hari Pengamatan	43
7	Perbedaan Suhu Udara ($^{\circ}$ C) Antara Pusat <i>Canopy</i> (P) dengan Area Penutupan Vegetasi 30% (V_{30}) Berdasarkan Arah dan Kecepatan Angin	59
8–27	Hasil Pengukuran Suhu Udara pada Setiap Titik Pengukuran	80–99
28–47	Hasil Pengukuran Kelembaban Nisbi Udara (%), Angin dan Perawanan pada Setiap Titik Pengukuran	100–119
48–85	Hasil <i>Anova</i> dan Analisis Lanjut dengan <i>Metode Bonferroni</i>	120–139

DAFTAR GAMBAR

Nomor	<i>Judul</i>	Halaman
1	Proses Kimia Fotosintesis	13
2	Bagan Langkah-langkah Penelitian	22
3	Bagan Kerangka Pemikiran	25
4	Peta Lokasi Penelitian	27
5	Denah Plot Areal dan Titik Pengamatan	29
6	Estimasi Fluktuasi Rerata Suhu Udara ($^{\circ}\text{C}$) pada Titik V_{30}	47
7	Estimasi Distribusi Efek Vegetasi Pohon pada Dua Arah Angin	51
8	Proses Terjadinya Transpirasi	53
9	Lokasi Proses Fotosintesis dan Struktur Kloroplast	55
10	Spektrum Elektromagnetik. Cahaya Tampak Menggerakkan Fotosintesis	56
11	Suhu Udara Berdasarkan Jarak dari Pusat Canopy	58
12	Pengukuran Suhu Udara pada Titik Pusat Canopy (P)	78
13	Pengukuran Suhu Udara pada Titik V_{10} dan V_{30}	78
14	Pengukuran Kelembaban Nisbi Udara (Rh) pada Titik Pusat Canopy (P)	79
15	Pengukuran Kelembaban Nisbi Udara (Rh) pada Titik V_{10}	79

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	<i>Judul</i>	Halaman
1	Dokumentasi Penelitian	78
2	Hasil Pengukuran Suhu Udara	80
3	Hasil Pengukuran Kelembaban Nisbi Udara (%), Angin dan Perawanan pada Setiap Titik Pengukuran	100
4	Hasil Anova dan Analisis Lanjut dengan Metode Bonferroni	120
5	Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2002 tentang Hutan Kota	140

DAFTAR ISTILAH

<i>Ameliorasi</i>	: perbaikan nilai
Biotik	: hayati, makhluk hidup, benda hidup, jasad hidup
Botani	: cabang biologi yang mempelajari tetumbuhan
BWK	: Bagian Wilayah Kota, adalah satu kesatuan wilayah dari kota yang bersangkutan, terbentuk secara fungsional dan atau administrasi dalam rangka pencapaian daya guna pelayanan fasilitas umum kota
<i>Canopy</i>	: tajuk tumbuhan; kanopi; bagian tumbuhan berkayu yang tersusun dari batang, cabang, ranting dan daun dalam satu kesatuan
ERK	: efek rumah kaca (<i>green house effect</i>)
Ekologi	: cabang biologi yang mempelajari hubungan timbal balik antara organisme dengan lingkungannya
Evaporasi	: proses fisis perubahan cairan menjadi uap pada permukaan-permukaan yang basah.
Fluktuasi	: naik turun
GRK	: gas rumah kaca (<i>green house gases</i>), antara lain: CO ₂ (<i>Carbon Dioksida</i>), CH ₄ (<i>Metan</i>) dan N ₂ O (<i>Nitrous Oksida</i>), HFCs (<i>Hydrofluorocarbons</i>), PFCs (<i>Perfluorocarbons</i>) dan SF ₆ (<i>Sulphur hexafluoride</i>).
<i>Global warming</i>	: pemanasan global, gejala peningkatan suhu rerata permukaan bumi
Hutan	: suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumberdaya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan.
Hutan kota	: suatu hamparan lahan yang bertumbuhan pepohonan yang kompak dan rapat di dalam wilayah perkotaan baik pada tanah negara maupun tanah hak, yang ditetapkan sebagai hutan kota oleh pejabat yang berwenang.
Iklim mikro	: iklim yang dipengaruhi oleh keadaan permukaan bumi, antara lain: macam tanah, topografi, perairan, tanaman yang tumbuh, dan aktivitas manusia.
KDB	: Koefisien Dasar Bangunan, adalah angka yang menunjukkan perbandingan antara luas lantai dasar bangunan terhadap luas persil.

Komponen	: bagian penting
Komunitas	: semua populasi dan berbagai spesies yang menempati suatu daerah tertentu
Lingkungan hidup:	kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia, dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain
Penataan Ruang	: proses perencanaan tata ruang, pemanfaatan ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang
Proporsional	: sebanding; seimbang; berimbang
<i>Heat island</i>	: pulau panas, fenomena suhu udara diperkotaan yang lebih panas dibandingkan dengan bagian lain
RDTRK	: Rencana Detail Tata Ruang Kota, adalah rencana pemanfaatan ruang kota secara terinci, yang disusun untuk menyiapkan perwujudan ruang dalam rangka pelaksanaan program-program pembangunan kota
Ruang	: wadah yang meliputi ruang darat, ruang laut, dan ruang udara, termasuk ruang di dalam bumi sebagai satu kesatuan wilayah, tempat manusia dan makhluk lain hidup, melakukan kegiatan, dan memelihara kelangsungan hidupnya
RTH	: Ruang Terbuka Hijau, adalah area memanjang/jalur dan/atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam
Tata Ruang	: wujud struktur ruang dan pola ruang
Troposfer	: lapisan atmosfer yang paling dekat dengan permukaan bumi, tebalnya antara 9 km di atas kutub hingga 18 km di atas katulistiwa.
Transpirasi	: proses fisis perubahan cairan menjadi uap dari permukaan tanaman
Vegetasi	: tetumbuhan

ABSTRAK

Gejala peningkatan suhu udara utamanya pada siang hari semakin konkret, dirasakan di Indonesia khususnya di kota-kota besar. Terjadinya pulau panas (*heat island*) di perkotaan menjadi fenomena kian serius seiring dengan gejala perubahan iklim global. Meningkatnya suhu udara rerata di perkotaan dapat terkendali dengan keberadaan vegetasi pepohonan.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan identifikasi dan analisis jarak jangkauan efek vegetasi pohon terhadap suhu udara siang hari di perkotaan. Selanjutnya menganalisis prosentase luas dan posisi penempatan hutan kota atau vegetasi pohon agar efektif mengendalikan kenaikan suhu udara di seluruh penjuru kota.

Penelitian merupakan *deskriptif eksploratif* dengan pendekatan kuantitatif. Dilaksanakan selama 20 (dua puluh) hari, mulai tanggal 20 Maret sampai dengan 19 April 2008. Tempat penelitian di Kawasan Simpang Lima Kota Semarang. Vegetasi yang menjadi indikator adalah pohon Beringin (*Ficus benjamina* L.) yang berada di sudut lapangan bagian Utara. Variabel penelitian terdiri dari Variabel terikat: persentase penutupan vegetasi: titik pusat canopy (P); di bawah ujung canopy (U); area dengan penutupan vegetasi 30 % (V_{30}); dan area dengan penutupan vegetasi 10 % (V_{10}). Variabel bebas: suhu udara ($^{\circ}\text{C}$); kelembapan nisbi udara (Rh) dalam persen; kecepatan angin (knot); dan arah angin (derajat); dan perawanan. Pengukuran suhu, Rh, kecepatan dan arah angin serta perawanan dilakukan pada jam 07.00, 09.00, 11.00, 13.00, 15.00, 17.00 dan 18.00.

Rerata suhu udara ($^{\circ}\text{C}$) hasil pengukuran selama 20 hari pada setiap titik pengukuran adalah $P = 24,49^{\circ}\text{C}$, $U = 29,78^{\circ}\text{C}$, $V_{30} = 29,98^{\circ}\text{C}$, dan $V_{10} = 30,20^{\circ}\text{C}$. Selisih suhu (Δt) masing-masing titik dengan P adalah $U = 0,29^{\circ}\text{C}$, titik $V_{30} = 0,49^{\circ}\text{C}$, dan titik $V_{10} = 0,70^{\circ}\text{C}$.

Hasil Anova menunjukkan adanya perbedaan suhu yang signifikan antar titik pengukuran. Uji lanjut dengan Metode Bonferroni menunjukkan bahwa titik V_{10} berbeda secara signifikan dengan P. Perbedaan ini pada uji dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha_{0,05}$). Berdasarkan analisis tersebut, disimpulkan bahwa: (1) luas penutupan vegetasi pohon atau hutan kota 10 % belum memadai sebagai *ameliorasi* iklim mikro, khususnya suhu udara; dan (2) persentase luas penutupan vegetasi atau hutan kota yang mampu menekan kenaikan suhu udara adalah 30 %. Pengontrolan suhu pada area bebas vegetasi menunjukkan suhu udara yang relatif sama dengan titik V_{10} . Rerata selisih suhu (Δt) antara titik kontrol dan titik V_{10} adalah $0,09^{\circ}\text{C}$. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik V_{10} (jarak 24 m dari P), efek vegetasi relatif sedikit pengaruhnya terhadap penurunan suhu udara.

Arah dan kecepatan angin mempengaruhi jarak jangkauan efek vegetasi terhadap pendinginan udara. Hasil ini menunjukkan bahwa keberadaan vegetasi pada daerah hulu angin memberikan efek penekanan kenaikan suhu pada daerah hilirnya. Arah dan kecepatan angin sangat penting dipertimbangkan dalam penempatan vegetasi pohon atau hutan kota. Hal ini ikut menentukan efektivitas vegetasi dalam mengendalikan kenaikan suhu udara di seluruh penjuru kota.

Kata Kunci: *efek vegetasi, penghijauan kota; luas dan penempatan vegetasi kota.*

**DISCOURSE RANGE ANALYSIS OF TREE VEGETATION ON URBAN
DAYLIGHT AIR TEMPERATURE
(A Case Study In Simpang Lima Area Semarang)**

ABSTRACT

The rise of air temperature indication in daylight has been already subtly affecting Indonesia, in particular big cities. The emergence of heat island in urban area has been a more serious phenomenon as the change in global climate continues. The rise of the average air temperature in urban area can be controlled when tree vegetation is under controlled as well.

This study aimed to identify and to analyse discourse range of the effect of the tree vegetation on daylight air temperature in urban area. Here, the study analysed square percentage and placement position of urban forest or tree vegetation in order to effectively control the rise of air temperature through the area.

The study applied an *explorative-descriptive* method by a *quantitative approach*. It took place 20 (twenty) days from 20 March to 19 April 2008. The location for the study was Simpang Lima Area of Semarang Municipality, whereas vegetation used for indicator was Beringin (*Ficus benjamina* L.) situated on the north-side of the Simpang Lima Square. Variables consisted of dependent variables: vegetation covering percentage; canopy focal point (P); and under tip of canopy (U), and area with 30% vegetation covering (V_{30}), and area with 10% vegetation covering (V_{10}), and independent variables: air temperature ($^{\circ}\text{C}$); percentage of air humidity rate (Rh); wind speed (knot); wind direction (degree); and cloud. The measurements of temperature, Rh, wind speed and direction, and cloud were held at 07.00, 09.00, 11.00, 13.00, 15.00, 17.00 and 18.00 local times.

The average air temperature ($^{\circ}\text{C}$) during 20 days of observation on each measurement point resulted in $P = 24.49^{\circ}\text{C}$, $U = 29.78^{\circ}\text{C}$, $V_{30} = 29.98^{\circ}\text{C}$, and $V_{10} = 30.20^{\circ}\text{C}$. The temperature range (ΔC) of each point with P resulted in $U = 0.29^{\circ}\text{C}$, $V_{30} = 0.49^{\circ}\text{C}$, and $V_{10} = 0.70^{\circ}\text{C}$.

Anova output showed a significant difference in temperature between measurement points. The further measurement using Bonferroni Method showed that the V_{10} point significantly differed from P. This difference was tested on trust rate of 95% ($\alpha_{0.05}$). According such analysis, it came to conclusion as follows: (1) the 10% of covering square of tree vegetation of urban forest has been inadequate as an amelioration of micro climate, especially air temperature; and (2) the percentage of the vegetation covering or urban forest was only capable of suppressing the rise of temperature up to 30%. The control on temperature in vegetation-free area evidenced a relatively similar air temperature to the V_{10} point. The average of temperature range (Δt) between control and V_{10} points was 0.09°C . Such result indicated that at V_{10} point (24m range from the P) had a minimum effect on the decrease of air temperature.

The direction and speed of the wind did matter to the vegetation threshold range effect on air temperature decrease. This result explained that the presence of vegetation from the wind-source affects the temperature rise in the projected area. The wind direction and speed are necessary to be taken account for in placing the tree vegetation or urban forest since it determined the effectiveness of the vegetation in controlling the whole urban air temperature rise.

Keywords: *vegetation effect; greening of city; square and placement of city vegetation.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Iklim Bumi mengalami perubahan ke arah yang makin buruk. Gejala perubahan ini lebih akrab disebut pemanasan global (*global warming*) karena indikasi yang sangat nyata adalah meningkatnya suhu udara rerata permukaan bumi. Murdiyarso (2003) menuliskan bahwa, suhu atmosfer Bumi sekarang menjadi $0,5^{\circ}\text{C}$ lebih panas dibanding suhu pada pada zaman pra-industri. Situs www.incredimail.com (2007) melansir, bahwa *Inter-governmental Panel on Climate Change* (IPCC) mempublikasikan hasil pengamatan ilmuwan dari berbagai negara. Selama 1990-2005, ternyata telah terjadi peningkatan suhu merata di seluruh bagian bumi, antara $0,15 - 0,3^{\circ}\text{C}$. IPCC memprediksi peningkatan suhu rata-rata global (www.wikipedia.org, 2007) akan meningkat $1,4 - 5,8^{\circ}\text{C}$ ($2,5 - 10,4^{\circ}\text{F}$) pada tahun 2100.

Pemanasan global diakibatkan oleh efek gas rumah kaca (GRK) yang telah mengalami peningkatan komposisi dan kuantitas. Menurut Soedomo (2001) bahwa, efek rumah kaca (*green house effect*) merupakan suatu keadaan yang timbul akibat semakin banyaknya gas buang ke lapisan atmosfer yang memiliki sifat memantulkan panas yang ada.

GRK di atmosfer memantulkan kembali sinar infra merah yang dipancarkan dari bumi, sehingga sinar tersebut tidak terlepas ke angkasa luar melainkan terperangkap di troposfer, menyebabkan suhu di troposfer bumi meningkat dan terjadilah efek rumah kaca (ERK). Peningkatan kadar GRK menyebabkan peningkatan intensitas ERK, sehingga menyebabkan terjadinya pemanasan global (Sunu, 2001; Soedomo, 2001).

Gejala peningkatan suhu udara utamanya pada siang hari dirasakan di Indonesia, khususnya di kota-kota besar. Data klimatologi Kota Semarang tahun 1986 menunjukkan suhu udara maksimal tercatat $34,4^{\circ}\text{C}$ ($T_{\min} 24,1^{\circ}\text{C}$). Kondisi ini terjadi pada bulan Oktober (BMG, 1986). Pada bulan Oktober 2007, Kota Semarang sepanjang sejarahnya mencatat skor suhu udara tertinggi pada siang

hari. Hal tersebut menjadi sorotan media cetak dan elektronik Nasional, karena sangat mengganggu kenyamanan arus mudik lebaran 1428 H yang melintasi Semarang. Suhu udara pada saat itu mencapai 36° C. Tampak bahwa dalam 21 tahun terakhir, Kota Semarang mengalami kenaikan suhu udara maksimal 3,4°C. Gejala ini telah menambah daftar masalah lingkungan Kota Semarang.

Terjadinya pulau panas (*heat island*) di perkotaan menjadi fenomena kian serius seiring dengan gejala perubahan iklim global. Pada skala mikro, hiruk-pikuk aktivitas kota yang menstimulasi timbulnya fenomena pulau panas. Sementara itu, desakan pencapaian target-target kuantitas ekonomi disinyalir mendominasi warna pembangunan kota. Melahirkan elemen fisik kota yang kaku dan angkuh. Adapun aspek lingkungan dan sosial acapkali kurang terakomodasi dengan wajar.

Orientasi pembangunan lingkungan permukiman menurut Budihardjo (1997), cenderung lebih ditekankan pada upaya pengadaan atau pasokan rumah (*housing supply*) ditilik dari segi kuantitas dana pertimbangan ekonomi, kurang dipertautkan dengan tuntutan kebutuhan akan perumahan sebagai kebutuhan sosial dan kultural (*socio-cultural demand*) yang mengandung aspek kualitas lingkungan yang manusiawi.

Kota yang tumbuh dari semangat maksimalisasi pertumbuhan ekonomi ternyata memang menjadi kota besar yang mengagumkan. Dominansi bangunan-bangunan komersil dengan arsitektur apik membentuk fisik kota yang menawan. Namun sesungguhnya jika dipandang dari sisi lingkungan dan sosial, justru kota tersebut terasa gersang, sesak dan tidak nyaman. Model pembangunan demikian semata ditekankan pada pertumbuhan kuantitas produksi, dan amat sedikit mengarah pada pemeliharaan dan peningkatan kualitas lingkungan hidup. Menurut Hadi (2005), pembangunan model ini lebih memfokuskan pada jumlah (kuantitas) produksi dan penggunaan sumber-sumber.

Budihardjo (1997) menegaskan, sudah semenjak beberapa tahun yang lampau perencanaan kota dan daerah yang menekankan arti fisik, serba deterministik dan memorduakan manusia dengan segenap keunikan perilakunya, telah banyak mendapat kecaman.

Pembangunan demikian berdampak pada semakin besarnya ketimpangan keseimbangan hubungan faktor-faktor alam, pada gilirannya suatu kekuatan alam bekerja tanpa diimbangi oleh kekuatan alam lainnya. Fenomena ini menambah kerentanan terjadinya berbagai bencana. Asalnya alam ini diciptakan dengan segala energi, namun dibekali kemampuan untuk mengendalikan energinya sendiri. Energi radiasi panas misalnya, yang diterima oleh Bumi secara alami dapat dinetralisir oleh perairan, vegetasi, dan lapisan ozon, sehingga fluktuasi suhu udara berlangsung menurut suatu siklus tertentu secara teratur dan stabil.

Hutan alam yang masih eksis sekarang ini tidak bisa lagi sepenuhnya diharapkan kemampuannya untuk menetralsasi iklim perkotaan. Apalagi jika melihat kenyataan bahwa letak perkotaan di Indonesia pada umumnya jauh dari kawasan hutan.

Dengan demikian, kawasan perkotaan harus memiliki hutan atau vegetasi sebagai sistem pengendali iklim. Keberadaan hutan kota atau vegetasi pohon mutlak dibutuhkan oleh warga kota yang menginginkan lingkungan kerja dan hunian yang nyaman. Sudah saatnya memperkaya pandangan kita mengenai fungsi vegetasi pohon. Sebelumnya vegetasi dibutuhkan karena fungsi estetik atau sebagai komponen arsitektur. Namun sekarang lebih penting kita tekankan pada fungsi ekologisnya. Jika sebelumnya merupakan kebutuhan yang bersifat sekunder, kini sifatnya menjadi kebutuhan primer. Artinya, keberadaan vegetasi pohonan di perkotaan sudah menjadi kebutuhan mutlak. Kualitas lingkungan, termasuk iklim mikro, sudah merupakan kebutuhan pokok masyarakat kota. Kecenderungan ini mudah disaksikan ketika hari libur, orang-orang kota rela menghabiskan waktu, dana dan tenaganya untuk mengadakan perjalanan ke luar kota sekedar untuk menghirup udara segar.

Meningkatnya suhu udara rerata di perkotaan dapat terkendali dengan keberadaan vegetasi pepohonan, dalam wujud hutan kota dan pepohonan yang tersebar. Namun, penting dipertimbangkan bahwa hutan kota hanya dapat berperan secara optimal dalam mengendalikan suhu udara jika luasnya proporsional dengan luas kota.

Beberapa penelitian seputar hubungan hutan kota dengan suhu udara telah dilakukan. Wenda (1991) telah melakukan pengukuran suhu dan

kelembaban udara pada lahan yang bervegetasi dengan berbagai kerapatan, tinggi dan luasan dari hutan kota di Bogor yang dibandingkan dengan lahan pemukiman yang didominasi oleh tembok dan jalan aspal, diperoleh hasil bahwa:

1. Pada areal bervegetasi suhu hanya berkisar 25,5 - 31,0° C dengan kelembaban 66 - 92%.
2. Pada areal yang kurang bervegetasi dan didominasi oleh tembok dan jalan aspal suhu yang terjadi 27,7 - 33,1° C dengan kelembaban 62 - 78%.
3. Areal padang rumput mempunyai suhu 27,3 - 32,1° C dengan kelembaban 62 - 78%.

Koto (1991) juga telah melakukan penelitian di beberapa tipe vegetasi di sekitar Gedung Manggala Wanabakti, Jakarta. Dari penelitian ini dapat dinyatakan, hutan memiliki suhu udara yang paling rendah, jika dibandingkan dengan suhu udara di taman parkir, padang rumput dan beton.

Peraturan Pemerintah Nomor 63 Tahun 2002 tentang Hutan Kota menyebutkan, persentase luas hutan kota paling sedikit 10 % dari wilayah perkotaan dan atau disesuaikan dengan kondisi setempat. Pernyataan PP ini sangat fleksibel, karena luas hutan kota dapat saja ditetapkan antara 10–100 % dari luas kota. Persoalannya manakala suatu kota hanya memenuhi luas minimal, yaitu 10 %. Misalnya Jakarta yang bahkan hanya 9 %. Atau suatu kota memiliki hutan kota seluas 20 % dari luasnya, tetapi kenyataannya belum mampu mengendalikan suhu udara kota.

Regulasi pada aspek penataan ruang memberikan alternatif lain dalam menetapkan luas hutan kota. Undang-undang Nomor 26 Tahun 1997 tentang Penataan Ruang, pasal 29 ayat (2) mengatur, bahwa proporsi ruang terbuka hijau (RTH) pada wilayah kota paling sedikit 30 % dari luas wilayah kota. Batasan 30 % memberi harapan yang lebih besar bagi upaya memperoleh *ameliorasi* iklim mikro perkotaan. Namun diperlukan konsistensi dan optimalisasi ruang 30 % sebagai areal yang benar-benar hijau.

Setelah mengetahui persentase luas minimal penutupan vegetasi pohon atau hutan kota, aspek penting selanjutnya adalah bagaimana menempatkannya

dalam ruang kota. Penempatan vegetasi pepohonan pada posisi yang tepat sangat menentukan efektivitasnya sebagai *ameliorasi* iklim mikro.

Sesungguhnya, RTH memiliki berbagai fungsi selain sebagai *ameliorasi* iklim mikro, di antaranya disebutkan Rimbawati (2005) adalah:

1. Sebagai area perlindungan objek-objek ekologi tertentu.
2. Sebagai *greenbelt* kota.
3. Sebagai area yang sengaja disediakan untuk fasilitas kawasan berkembang.
4. Berperan dalam pembentukan kota dan jalur curah hujan.
5. Sebagai area penyerapan air hujan ke dalam tanah.
6. Sebagai jalur hijau, hutan kota dan area rekreasi masyarakat kota.
7. Sebagai jaringan taman kota.

Upaya optimalisasi fungsi RTH melalui perhutanan kota tidak bisa terlepas dari aspek penataan ruang. Bagaimana seharusnya mengatur penempatan hutan kota agar optimal sebagai *ameliorasi* iklim mikro, khususnya suhu udara. Oleh karena itu, salah aspek yang perlu dikaji adalah mengenai jarak jangkauan efek pendinginan suhu dari pepohonan terhadap lingkungan sekitar. Kemudian berdasarkan kajian tersebut dapat dianalisis luas proporsional dan posisi penempatan vegetasi pohon atau hutan kota.

1.2. Perumusan Masalah

Seperti halnya Kota Semarang, kota-kota lain pun mengalami hal yang sama. Gejala suhu udara yang makin tinggi di perkotaan khususnya pada siang hari memerlukan upaya pengendalian. Guna menetapkan resolusi yang tepat sebagai respon terhadap fenomena tersebut, perlu dilakukan kajian dan analisis yang akurat terhadap komponen dan sistem alami yang mungkin diterapkan.

Memanfaatkan pepohonan sebagai pengendali suhu udara adalah satu alternatif yang tepat. Sebenarnya, eksistensi pepohonan sebagai elemen struktur kota telah banyak dimanfaatkan untuk fungsi estetika. Namun proporsi pohon yang mampu memberi kesan estetika sering kali belum cukup memenuhi fungsi ekologis. Oleh karena itu, penekanan pada fungsi ekologis berupa *ameliorasi* iklim mikro, khususnya suhu udara masih perlu optimalisasi. Operasionalnya

dapat berupa kegiatan berlabel perhutanan kota, penghijauan kota, pertamanan kota, *arboretum*, atau yang semacamnya.

Fungsi vegetasi sebagai elemen pengendali suhu udara dapat dioptimalkan apabila luasnya proporsional dan penempatannya tepat. Berkaitan dengan dua hal ini, permasalahan yang akan dikaji melalui penelitian ini sebagai berikut:

- 1.2.1. Seberapa jauh jarak jangkau efek vegetasi pohon terhadap suhu udara siang hari di perkotaan.
- 1.2.2. Bagaimana merumuskan luas dan penempatan posisi hutan kota atau vegetasi pohon dengan berdasarkan pada jarak jangkau efek pohon terhadap suhu udara.

1.3. Tujuan Penelitian

Berangkat dari permasalahan di atas, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

- 1.3.1. Mengidentifikasi dan menganalisis jarak jangkau efek vegetasi pohon terhadap suhu udara siang hari di perkotaan.
- 1.3.2. Menganalisis prosentase luas dan penempatan posisi hutan kota atau vegetasi pohon agar efektif mengendalikan kenaikan suhu udara di seluruh penjuru kota.

1.4. Manfaat Penelitian

Output penelitian ini diharapkan memberi manfaat bagi semua pihak yang bermukim atau berkepentingan di perkotaan, pada semua level kewenangan atau taraf sosial. Namun pada prinsipnya, output penelitian ini dapat bermanfaat secara maksimal bagi masyarakat yang telah memiliki kesadaran akan pentingnya lingkungan yang nyaman. Masyarakat yang memahami bahwa eksistensi tumbuhan merupakan bagian utuh dari lingkungan hidup yang berkualitas. Belum sempurna lingkungan sebagai tempat bermukim, tempat kerja, pendidikan, perbelanjaan, atau yang lainnya tanpa kehadiran unsur tumbuhan.

Diantara manfaat yang diharapkan dalam bentuk implementasi sebagai berikut:

1.4.1. Pemerintah Kota atau Kabupaten

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam mengalokasikan lahan untuk ruang terbuka hijau (RTH). Momen paling tepat untuk alokasi RTH adalah dalam perumusan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota. Penyediaan dengan luas yang proporsional merupakan pondasi dari kebijakan membangun kota hijau (*green city*).

Perhutanan kota adalah suatu keniscayaan. Menghijaukan kota menjadi bagian dari Rencana Aksi Nasional terhadap perubahan iklim global. *Greening city* adalah sebgayaan dari bentuk *mitigasi*, karena

dengannya dapat mereduksi dampak buruk pemanasan global (*global warming*). Upaya ini juga memenuhi kriteria *adaptasi*, sebab merupakan bentuk reaksi terhadap gejala pemanasan global.

Penghijauan kota dapat menjadi optimal apabila disiapkan melalui perencanaan yang matang. Perlu ditata sejak dini melalui regulasi ruang untuk pembangunan hutan kota sebagai bagian dari Ruang Terbuka Hijau (RTH). Bagaimanapun, tahap implementasi pembangunan RTH adalah fase yang lebih menentukan. RTH harus benar-benar tumbuh dan berkembang dalam wujud kawasan yang hijau.

1.4.2. Properti

Umumnya pengembang perumahan saat ini sudah memahami kebutuhan konsumennya akan eksistensi pepohonan. Menghadirkan pepohonan dalam kompleks perumahan baru telah menjadi bagian penting dari strategi pemasaran. Konsumen mulai memahami keberadaan pepohonan tidak semata dari aspek estetikanya, tetapi yang lebih urgen adalah fungsi ekologisnya. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengembang (*developer*) dalam merumuskan proporsi dan posisi penempatan vegetasi atau pepohonan dalam kompleks yang akan dibangun.

Sudah lazim, lingkungan yang asri telah menjadi bagian penting dari kriteria seseorang yang berencana membeli rumah di sebuah kompleks perumahan. Kecenderungan perilaku ini adalah suatu yang positif bagi pembangunan lingkungan hidup yang berkualitas.

1.4.3. Perencana Pembangunan Wilayah Perkotaan

Merupakan tantangan bagi perencana wilayah kota untuk menghasilkan rumusan rencana pembangunan kota yang berwawasan lingkungan. Sudah menjadi keniscayaan bagi setiap perkotaan untuk merespon gejala perubahan iklim. Sehingga panorama kota hijau (*green city*) harus menjadi patron kota hunian abad 21. Hasil penelitian ini diharapkan memberi kontribusi bagi rencana perwujudan kota hijau atau rencana perhutanan kota.

Pemikiran untuk mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan pada level konstruksi dan operasional harus dibangun sejak proses perencanaan. Sejauh proses perencanaan mampu mengakomodir kepentingan lingkungan hidup, maka tahapan konstruksi dan operasional akan mengikuti. Meskipun hal ini tidak selalu menjadi jaminan. Namun, peran perencanaan sama sekali tidak boleh dikesampingkan. Aspek manajemen dan rekayasa lingkungan pada level konstruksi dan operasional sangat bergantung pada perencanaan.

Demikian halnya, *master plan* sebuah kota seyogianya telah memorsikan ruang yang cukup bagi terbangunnya hijauan (vegetasi) kota. Sehingga, kesadaran untuk menambah proporsi hijauan kota tidak bersifat '*tiba masa tiba akal*' dan peliknya masalah '*pembebasan lahan*' dapat dieliminir.

1.4.4. Warga Kota

Areal paling kecil yang menjadi objek perhutanan kota adalah pekarangan rumah warga. Tentunya warga terlebih dahulu memahami urgensi menghadirkan pepohonan di lingkungan tempat tinggal. Selanjutnya mereka perlu informasi yang lebih teknis tentang bagaimana peletakan pohon di pekarangan. Dimana posisi pohon yang paling tepat agar efektif dalam menciptakan iklim mikro. Memadukan aspek estetik dengan ekologis biasanya selalu dipikirkan dalam perancangan lingkungan sebuah rumah tinggal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Suhu (*Temperature*)

Suhu merupakan karakteristik *inherent*, dimiliki oleh suatu benda yang berhubungan dengan panas dan energi. Jika panas dialirkan pada suatu benda, maka suhu benda tersebut akan meningkat; sebaliknya suhu benda tersebut akan turun jika benda yang bersangkutan kehilangan panas. Akan tetapi hubungan antara satuan panas (energi) dengan satuan suhu tidak merupakan suatu konstanta, karena besarnya peningkatan suhu akibat penerimaan panas dalam jumlah tertentu akan dipengaruhi oleh daya tampung panas (*heat capacity*) yang dimiliki oleh benda penerima tersebut (Lakitan, 1997).

Secara fisis suhu dapat didefinisikan sebagai tingkat gerakan molekul benda, makin cepat gerakan molekul, makin tinggi suhunya. Suhu dapat juga didefinisikan sebagai tingkat panas suatu benda. Panas bergerak dari sebuah benda yang mempunyai suhu tinggi ke benda dengan suhu rendah. Untuk menyatakan suhu udara dipakai berbagai skala. Dua skala yang sering dipakai dalam pengukuran suhu udara adalah skala Fahrenheit yang dipakai di negara Inggris dan skala Celcius atau skala perseratusan (*centigrade*) yang dipakai sebagian besar negara di dunia (Tjahyono, 2004).

Selanjutnya dituliskan Tjahyono (2004), skala Fahrenheit menetapkan titik didih air pada 212° dan titik lebur es pada 32° . Dalam skala perseratusan (skala Celcius) ditetapkan titik didih air pada 100 derajat dan titik lebur es pada 0° (nol derajat). Skala Celcius sekarang banyak dipakai dalam pelaporan dan analisis data cuaca dan iklim. Kedua skala tersebut menunjukkan suhu yang sama pada -40° . Suhu Fahrenheit dapat diubah menjadi derajat Celcius dengan persamaan $C = \frac{5}{9}(F - 32)$, atau sebaliknya $F = 32 + \frac{9}{5}C$.

2.2. Suhu Udara Perkotaan

Konsentrasi penduduk di bagian wilayah kota tertentu ditambah dengan adanya industri dan perdagangan serta transportasi kota yang padat menyebabkan terjadinya *thermal pollution* yang kemudian membentuk pulau panas atau *heat island*. Beberapa pulau panas biasanya dapat ditemukan dalam suatu kota. Pulau-pulau panas terjadi karena adanya emisi panas yang direfleksikan dari permukaan bumi ke atmosfer (Fandeli, 2004).

Mengenai proses terjadinya gejala pulau panas, Grey dan Deneke (1986) dalam Fandeli (2004) menjelaskan bahwa, sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi mengalami proses refleksi, transmisi, dan absorpsi. Pulau panas pada umumnya terdapat pada bagian wilayah kota yang tidak bervegetasi, karena pada wilayah yang tidak bervegetasi, ketiga proses tersebut saling bersinergi dalam meningkatkan suhu udara.

2.3. Hubungan Vegetasi dengan Suhu Udara

Vegetasi pembentuk hutan merupakan komponen alam yang mampu mengendalikan iklim melalui pengendalian fluktuasi atau perubahan unsur-unsur iklim yang ada di sekitarnya misalnya suhu, kelembapan, angin dan curah hujan, serta menentukan kondisi iklim setempat dan iklim mikro (Indriyanto, 2006).

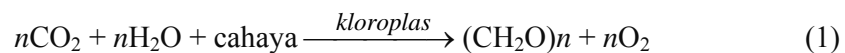
Iklim mikro terbentuk di dalam suatu tegakan hutan kota. Elemen iklim mikro dalam hal ini adalah suhu, kelembapan relatif, intensitas cahaya serta arah dan kecepatan angin (Grey dan Deneke, 1986 dalam Fandeli dkk, 2004).

Proses metabolisme atau fisiologis tumbuhan memiliki efek terhadap suhu udara lingkungan sekitarnya. Menurut Fandeli (2004), proses *ekofisiologi* yang menyebabkan terbentuknya iklim mikro adalah proses *transpirasi* dan *evaporasi*. Zoer'aini (2005) menyatakan bahwa *evaporasi* merupakan pertukaran antara panas laten dan panas yang terasa (*sensibel*). Udara sekitar akan kehilangan panas karena terjadinya *evaporasi* yang menyebabkan suhu di sekitar tanaman menjadi lebih sejuk.

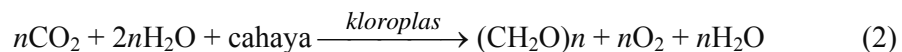
Proses *evaporasi* (proses fisis perubahan cairan menjadi uap) dari permukaan tanaman disebut *transpirasi*. Lakitan (1997) menjelaskan, bahwa penyerapan energi

radiasi matahari oleh sistem tajuk tanaman akan memacu tumbuhan untuk meningkatkan laju *transpirasinya* (terutama untuk menjaga stabilitas suhu tumbuhan). *Transpirasi* akan menggunakan sebagian besar air yang berhasil diserap tumbuhan dari tanah. Setiap gram air yang diuapkan akan menggunakan energi sebesar 580 kalori. Karena besarnya energi yang digunakan untuk menguapkan air pada proses transpirasi ini, maka hanya sedikit panas yang tersisa yang akan dipancarkan ke udara sekitarnya. Hal ini yang menyebabkan suhu udara di sekitar tanaman tidak meningkat secara drastis pada siang hari. Pada kondisi kecukupan air, kehadiran pohon diperkirakan dapat menurunkan suhu udara di bawahnya kira-kira 3,5 °C pada siang hari yang terik.

Proses fisiologis yang ikut berperan menciptakan iklim mikro dan berjalan secara simultan dengan *transpirasi* adalah proses *fotosintesis*. Reaksi *fotosintesis* dituliskan oleh Salisbury dan Ross (1995) sebagai berikut:



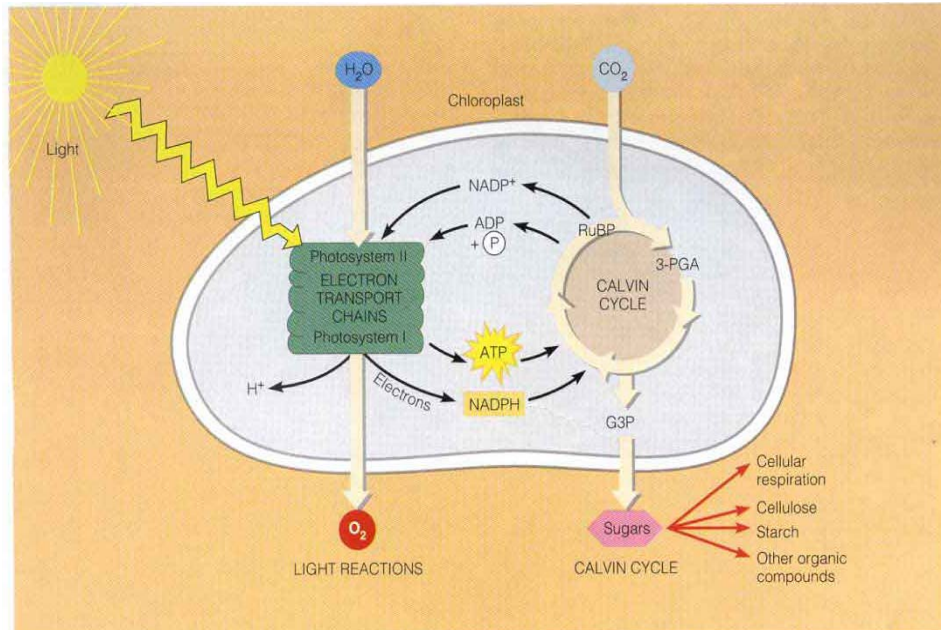
Catatan penting yang perlu dituliskan berkaitan dengan reaksi *fotosintesis* adalah penemuan CB van Niel (dalam Salisbury dan Ross, 1995) pada awal tahun 1930-an. Dia menyimpulkan bahwa O₂ yang dilepaskan oleh tumbuhan berasal dari air, bukan dari CO₂. Penemuan ini kemudian dikuatkan oleh Robin Hill dan R. Scarisbrick (1930-an) dan Alan Stemler dan Richard (1975). Karena itu persamaan di atas lebih lengkapnya dituliskan sebagai berikut:



Gambar 1 berikut ini menunjukkan bahwa reaksi *fotosintesis* sebenarnya terdiri dari dua tahapan reaksi, yaitu reaksi terang (*Reaksi Hill*) dan reaksi gelap (*Calvin Cycle*). Kedua reaksi tersebut terjadi di dalam *kloroplas* (butir *klorofil*).

Reaksi terang merupakan langkah-langkah *fotosintesis* yang mengubah energi matahari menjadi energi kimia. Reaksi ini menggunakan radiasi matahari sebagai energi untuk mereduksi NADP⁺ menjadi NADPH dengan

cara menambahkan sepasang elektron bersama dengan nukleus *hidrogen* (H^+). Air (H_2O) terurai dalam proses ini, dan terjadi pelepasan O_2 sebagai produk samping. Di samping itu, reaksi ini juga menghasilkan ATP yang diperoleh dengan cara penambahan gugus fosfat pada ADP. Proses ini disebut *fotoposporilasi* (Campbell *et al.* 2002).



Gambar 1. Proses Kimia Fotosintesis

(Sumber: Campbell *et al.* 1999)

Absorpsi CO_2 terjadi pada reaksi berikutnya yang disebut reaksi gelap (*Calvin Cycle*). Siklus Calvin (Campbell *et al.* 2002) berawal dengan pemasukan CO_2 dari udara ke dalam molekul organik (*fiksasi Carbon*) yang telah disiapkan dalam *kloroplas*. Kemudian terjadi reduksi *Carbon* menjadi karbohidrat melalui penambahan elektron. Tenaga pereduksi diperoleh dari NADPH dan ATP.

Dephut (2007^a) dalam *web*-nya menyebutkan di antara fungsi hutan kota adalah sebagai *ameliorasi iklim*. Web ini melansir pendapat Grey dan Deneke (1978) dan Robinette (1983) bahwa, hutan kota dibangun untuk mengelola lingkungan perkotaan agar suhu pada siang hari tidak terlalu panas; dan hasil penelitian Koto (1991) yang mengkomparasikan beberapa tipe vegetasi di sekitar Gedung Manggala Wanabakti, Jakarta, bahwa hutan kota memiliki suhu udara yang

paling rendah, jika dibandingkan dengan suhu udara di taman parkir, padang rumput dan beton.

Sebaliknya suhu udara mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Sebuah keniscayaan dalam sebuah ekosistem, bahwa hubungan antar komponen bersifat interaktif. Seperti dituliskan Tjasyono (2004), suhu udara mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman. Setiap jenis tanaman mempunyai batas suhu minimum, optimum, dan maksimum untuk setiap tingkat pertumbuhannya. Tanaman tropis, memerlukan suhu tinggi sepanjang tahun. Batas atas suhu yang mematikan aktivitas sel-sel tanaman berkisar dari 120°F sampai 140°F (48,89°C – 60°C) tetapi nilai ini beragam sesuai dengan jenis tanaman dan tingkat pertumbuhannya. Suhu tinggi tidak mengkhawatirkan dibandingkan dengan suhu rendah dalam menahan pertumbuhan tanaman asalkan persediaan air memadai dan tanaman dapat menyesuaikan terhadap daerah iklim.

2.4. Hutan Kota

Hutan kota adalah komunitas vegetasi berupa pohon dan asosiasinya yang tumbuh di lahan kota dan sekitarnya, berbentuk jalur, menyebar, atau bergerombol (menumpuk), strukturnya meniru (menyerupai) hutan alam, membentuk habitat yang memungkinkan kehidupan bagi satwa liar dan menimbulkan lingkungan sehat, suasana nyaman, sejuk dan estetis (Zoer'aini, 1994). Peraturan Pemerintah No. 63 Tahun 2002 tentang Hutan Kota, Pasal 1 ayat (2) mendefinisikan Hutan Kota, adalah suatu hamparan lahan yang bertumbuhan pohon-pohon yang kompak dan rapat di dalam wilayah perkotaan baik pada tanah negara maupun tanah hak, yang ditetapkan sebagai hutan kota oleh pejabat yang berwenang.

Kriteria hutan kota menurut Kongres dan Konsepsi Review RTRWN adalah mempunyai luas minimal 0,25 ha dalam bentuk kompak atau jalur (3-5 jalur) dan mempunyai jenis tanaman berakar dalam, tidak mudah merontokkan daun atau tumbang, mempunyai nilai estetis dan berdaun rimbun (Fandeli dkk., 2004).

Regulasi ruang bagi peruntukan hutan kota dan ruang terbuka hijau masing-masing diatur tersendiri. Berkenaan dengan tata ruang kota, dalam Peraturan

Pemerintah Nomor 63 Tahun 2002 tentang Hutan Kota, diatur mengenai luas hutan kota. Dalam Pasal 8 disebutkan:

- (1) *Penunjukan lokasi dan luas hutan kota sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 dan Pasal 6 didasarkan pada pertimbangan sebagai berikut :*
 - a. *luas wilayah;*
 - b. *jumlah penduduk;*
 - c. *tingkat pencemaran; dan*
 - d. *kondisi fisik kota.*
- (2) *Luas hutan kota dalam satu hamparan yang kompak paling sedikit 0,25 (dua puluh lima per seratus) hektar.*
- (3) *Persentase luas hutan kota paling sedikit 10 % (sepuluh per seratus) dari wilayah perkotaan dan atau disesuaikan dengan kondisi setempat.*

Dalam Undang-undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, pada Pasal 29 (2) disebutkan, *Proporsi ruang terbuka hijau pada wilayah kota paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari luas wilayah kota.*

Dephut (2007^a) dalam *web*-nya, melansir dua pendekatan yang dipakai dalam menetapkan luas hutan kota:

- a. **Pendekatan pertama.** Hutan kota dibangun pada lokasi-lokasi tertentu saja. Pada pendekatan ini hutan kota merupakan bagian dari suatu kota. Penentuan luasannya pun dapat berdasarkan: (1) prosentase dari luasan kota; (2) perhitungan per kapita (berdasarkan jumlah penduduk); atau (3) berdasarkan isu utama yang muncul.
- b. **Pendekatan kedua.** Semua areal yang ada di suatu kota pada dasarnya adalah areal untuk hutan kota. Pada pendekatan ini komponen yang ada di kota seperti pemukiman, perkantoran dan industri dipandang sebagai suatu *enklave* (bagian) yang ada dalam suatu hutan kota.

Sebagai ilustrasi, Jakarta dengan luas areal 66.126 Ha ditetapkan harus memiliki ruang terbuka hijau (RTH) minimal seluas 30 %. Saat ini baru terpenuhi 9 % atau seluas 5.951 Ha. Sehingga untuk memenuhi luas standar minimal, Jakarta masih kekurangan \pm 13.886 Ha. Curitiba (kota di Brasil) menetapkan luas hutan kotanya berdasarkan jumlah penduduk (per kapita), dalam menangkal banjir. Curitiba pada Tahun 2002 telah memiliki 55 meter persegi per kapita (BPPT, 2007).

2.5. Suhu dan Kenyamanan Manusia

Keadaan cuaca atau iklim sangat mempengaruhi aktivitas manusia. Lebih spesifik lagi bahwa aktivitas metabolisme tubuh dipengaruhi oleh suhu udara. Bahkan pengaruh suhu bagi kehidupan manusia dapat secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung berkenaan dengan kenyamanan udara, sedangkan secara tidak langsung misalnya berkenaan dengan kerentanan tubuh terhadap gangguan kesehatan, dan sebagainya.

Beberapa ahli telah berusaha untuk menyatakan pengaruh parameter-parameter iklim terhadap kenyamanan manusia dengan bantuan persamaan yang mengandung dua atau lebih parameter iklim, misalnya indeks ketidaknyamanan (*discomfort*). Indeks ini sering disebut indeks suhu-kelembapan yang dimaksudkan untuk menunjukkan derajat perasaan ketidaknyamanan oleh pegawai kantor normal, karena itu aspek radiasi dan arus angin tidak ditinjau (Tjasyono, 2004).

Thom (1959) *dalam* Tjasyono (2004) mengemukakan indeks ketidaknyamanan terhadap suhu dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$IT = 0,4(T + Td) + 15 \quad (3)$$

atau

$$IT = T - 0,55(1 - 0,01RH)(T - 58) \quad (4)$$

dengan IT = indeks ketidaknyamanan untuk suhu dan kelembapan nisbi

T = suhu udara

Td = suhu titik embun

RH = kelembapan nisbi

Dari reaksi sejumlah orang, Thom (1959) mendapatkan bahwa:

IT < 70, orang tidak merasa ketidaknyamanan;

IT antara 70 dan 75, beberapa orang merasa tidak nyaman;

IT = 75, 50% orang merasa tidak nyaman;

IT > 80, kebanyakan orang menunjukkan tanda-tanda ketidaknyamanan.

Meskipun bentuk indeks ketidaknyamanan ini baru teruji di Amerika dan tidak berlaku untuk orang-orang Afrika dan Asia, namun cukup menjadi bukti empiris bahwa suhu udara sangat berpengaruh terhadap kenyamanan manusia secara langsung.

2.6. Pengukuran Suhu Udara

Kartasapoetra (2006) menyebutkan, bahwa suhu adalah derajat panas atau dingin yang diukur berdasarkan skala tertentu dengan menggunakan thermometer. Satuan suhu yang biasanya digunakan adalah derajat Celsius (°C).

Suhu udara berubah sesuai dengan tempat dan waktu. Pada umumnya suhu maksimum terjadi sesudah tengah hari, biasanya antara jam 12.00 dan jam 14.00, dan suhu minimum terjadi pada jam 06.00 waktu lokal atau sekitar matahari terbit (Tjasyono, 2004).

Tjasyono (1992) menuliskan bahwa suhu harian rerata dapat dihitung dengan observasi pada waktu tertentu. Di Indonesia suhu harian rerata secara pendekatan dapat dihitung sebagai:

$$T = \frac{(2T_7 + T_{13} + T_{18})}{4} \quad (5)$$

dengan T = suhu harian rerata

T_7, T_{13}, T_{18} = pengamatan suhu pada jam 07.00, jam 13.00 dan jam 18.00.

Menurut Swarinoto dan Widiastuti (2002), untuk keperluan operasional klimatologi, khususnya bagi stasiun pengamatan cuaca yang beroperasi kurang dari 24 jam sehari dilakukan penghitungan suhu udara rerata permukaan bumi (*daily*

mean air temperature) dengan menggunakan persamaan eksperimental seperti yang dituliskan Tjasyono (1992) di atas. Adapun persamaan eksperimental tersebut dihitung berdasarkan nilai suhu udara permukaan pengamatan harian dengan waktu pagi hari, siang hari, dan sore hari.

2.7. Jenis Pohon Penghijauan

Tanaman yang direkomendasikan oleh Departemen Kehutanan sebagai tanaman penghijauan kota (Dephut, 2007^a):

1. Flamboyan (*Delonix regia*)
2. Angsana (*Pterocarpus indicus*)
3. Ketapang (*Terminalia cattapa*)
4. Kupu-kupu (*Bauhinia purpurea*)
5. Kere payung (*Filicium decipiens*)
6. Johar (*Cassia multiyoga*)
7. Tanjung (*Mimusops elengi*)
8. Mahoni (*Swientenia mahagoni*)
9. Akasia (*Acacia auriculiformis*)
10. Bungur (*Lagerstroemia loudonii*)
11. Kenari (*Canarium commune*)
12. Johar (*Cassia sp.*)
13. Damar (*Agathis alba*)
14. Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*)
15. Jakaranda (*Jacaranda filicifolia*)
16. Liang liu (*Salix babilinica*)
17. Kismis (*Muehlenbeckia sp.*)
18. Ganitri (*Elaeocarpus spahaericus*)
19. Saga (*Adenantha povoniana*)
20. Anting-anting (*Elaeocarpus grandiflorus*)
21. Asam kranji (*Pithecelobium dulce*)
22. Johar (*Cassia grandis*)
23. Cemara (*Cupresus papuana*)

24. Pinus (*Pinus merkusii*)

25. Beringin (*Ficus benjamina*)

Dalam Pedoman Teknis Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan (GNRHHL) Tahun 2007 (Dephut, 2007^b), disebutkan jenis tanaman yang digunakan dalam pembuatan tanaman penghijauan kota. Tanaman yang bermanfaat sebagai penyerap CO₂ dan penghasil O₂ antara lain:

1. Damar (*Agathis alba*)
2. Kupu-kupu (*Bauhinea purpurea*)
3. Lamtoro Gung (*Leucaena leucocephala*)
4. Akasia (*Acacia auriculiformis*)
5. Beringin (*Ficus benjamina*).

Kedua daftar di atas memasukkan tanaman Beringin (*Ficus benjamina*) sebagai tanaman yang direkomendasikan. Selain itu, marga Beringin (*Ficus*) juga direkomendasikan (Dephut, 2007^b) sebagai tanaman penghijauan untuk tujuan pelestarian air tanah. Dengan demikian, Beringin memiliki peran yang tepat di perkotaan, yaitu penyerap CO₂, penghasil O₂, dan pelestari air tanah.

Tanaman Beringin memiliki klasifikasi ilmiah sebagai berikut (Tjitrosoepomo, 2000):

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Anak divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Anak kelas	: Monochlamydae (Apetalae)
Ordo (bangsa)	: Urticales
Famili (suku)	: Moraceae
Genus (marga)	: Ficus
Spesies	: <i>Ficus benjamina</i> L.

Tanaman yang satu marga dengan Beringin ada ± 700 jenis, antara lain: *Ficus elastica* (Karet), *F. religiosa* (Bodi), *F. glomerata* (Lo), *F. carica*, *F. septica* (Awar-awar), dan *F. variegata*.

Beringin juga dikenal dengan nama daerah, seperti *Beringin* (Jawa), *Caringin* (Sunda), *Aju Wara* (Bugis), *Waringin* (Melayu, Sumatera), *Baranaq* (Tana Toraja), *Chinese Banyan* (China), *Banyan Tree* (Inggris).

Morfologi Beringin dapat di deskripsikan sebagai berikut (Warintek-ristek, 2008; Iptek, 2008):

- Habitus : Pohon, tinggi 20-25 m
- Batang : Tegak, bulat, percabangan simpodial, permukaan kasar, pada batang tumbuh akar gantung, coklat kehitaman
- Daun : Tunggal, bersilang berhadapan, lonjong, tepi rata, ujung runcing, pangkal tumpul, panjang 3-6 cm, lebar 2-4 cm, bertangkai pendek, pertulangan menyirip, hijau
- Bunga : Tunggal, di ketiak daun, tangkai silindris, kelopak bentuk corong, hijau, benang sari dan putik halus, kuning, mahkota bulat, halus, kuning kehijauan
- Buah : Buni, bulat, panjang 0,5-1 cm, masih muda hijau dan setelah tua merah
- Biji : Bulat, keras, putih
- Akar : Tunggang, coklat

Tanaman Beringin dan yang sekeluarga dengannya, menunjukkan tipe akar pencekik. Pada perkembangan awal, dari bentuk kecambah sampai sebelum akar mencapai tanah, tanaman ficus hidup sebagai *epifit*. Bijinya dapat berkecambah pada batang atau cabang yang lembab/basah kemudian menjulurkan akarnya ke bawah sampai tanah. Akarnya mencekik menyerupai ular, melilit batang tanaman hospes, menutupi dan menghisap lapisan floem dan kambium, membentuk jalinan bersama (*anastomose*) dan akhirnya

menjadi pohon yang masif. Tanaman hospes lama kelamaan mati dan beringin menggantikan tempat. Setelah akar pencekik mencapai tanah, maka akan berkembang sebagaimana layaknya tanaman konvensional. *Ficus benjamina* berkembang dengan memperbanyak akar gantungnya (LPP-UNS, 2008).

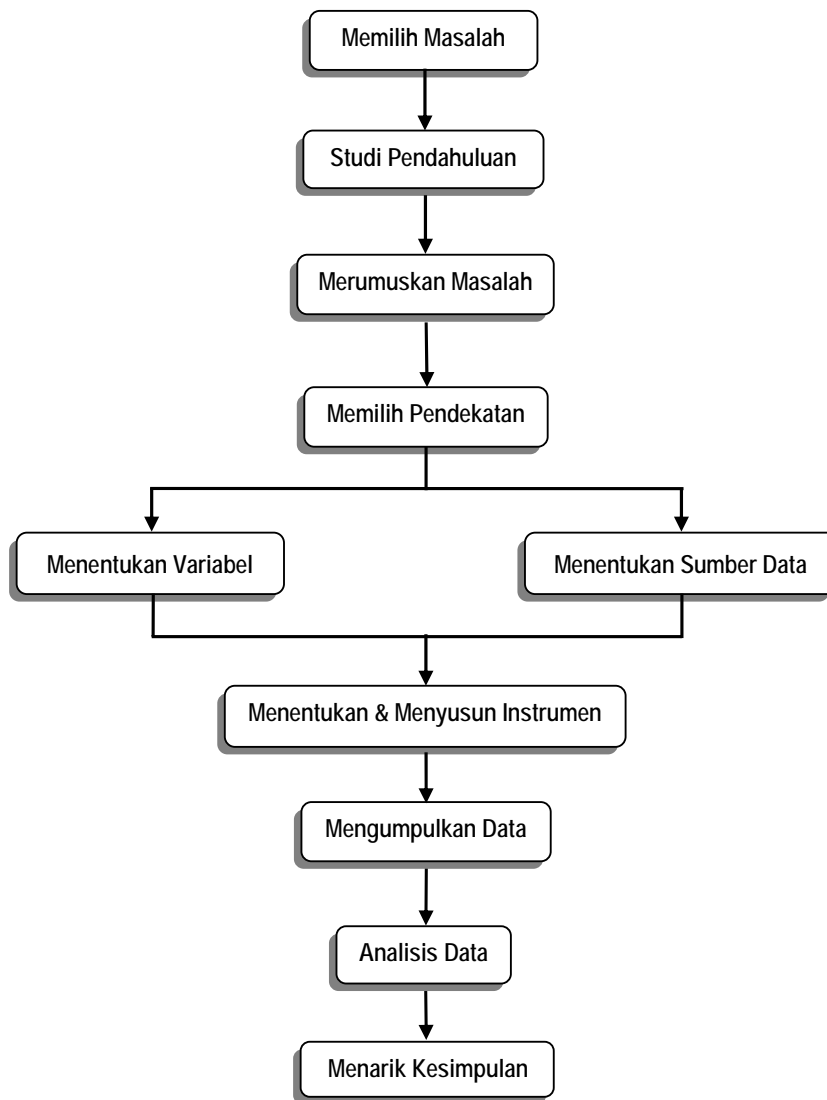
Beringin (*Ficus benjamina* [L.](#)) sudah lazim dimanfaatkan sebagai tanaman pekarangan atau tanaman hias pot. Tanaman ini cukup populer di kalangan pecinta bonsai. Perakaran dan percabangannya tergolong mudah dibentuk sesuai keinginan pemilik bonsai. Selain itu, Beringin (Iptek, 2008) dikenal sebagai tanaman obat. Penyakit yang dapat diobati diantaranya: pilek, demam tinggi, radang amandel (*tonsilitis*), nyeri rematik sendi, luka terpukul (memar), influenza, radang saluran napas (*bronkhitis*), batuk rejan (*pertusis*), malaria, radang usus akut (*acute enteritis*), disentri, dan kejang panas pada anak. Rasa sedikit pahit, astringen, dan sejuk. Kandungan kimia akar udara mengandung asam amino, fenol, gula, dan asam orange.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang telah dilakukan dapat digambarkan dengan bagan alir berikut:



Gambar 2. Bagan Langkah-langkah Penelitian
(Diadaptasi dari Arikunto, 2006)

Penelitian ini bermula dari ketertarikan dan minat penulis terhadap fenomena ‘*udara sejuk*’ di sekitar vegetasi (pohon) pada siang hari, sementara pada areal terbuka dan jauh dari vegetasi memiliki udara lebih panas. Selanjutnya, suhu udara panas atau fenomena pulau panas (*heat island*) di perkotaan menjadi hal menarik untuk dikorelasikan dengan fenomena pertama. Seberapa jauh jarak efek vegetasi menurunkan suhu udara adalah pertanyaan yang akan dijawab melalui penelitian ini. Berdasarkan nilai empiris yang akan diperoleh, diarahkan pada kesimpulan yang bersifat operasional. Kesimpulan berupa rekomendasi persentase *luas* dan *penempatan posisi* vegetasi di perkotaan. Luas dan penempatan posisi vegetasi pohon adalah dua item pokok yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan penghijauan atau perhutanan kota (*greening of city*).

Tahapan penting dari penelitian yang telah dilakukan diuraikan dalam sub-sub bab selanjutnya.

3.2. Penentuan Masalah

Masalah yang menjadi objek penelitian ini adalah suhu udara panas atau fenomena pulau panas (*heat island*) di perkotaan.

3.3. Studi Pendahuluan

Tahapan ini meliputi telaah pustaka atau studi literatur (*library research*). Telaah terutama terhadap konsep atau teori dasar yang berkaitan dengan suhu udara, ekologi vegetasi dan hutan, *global warming* serta tata ruang kota, serta teori terapan yang merupakan *kompilasi* dan aplikasi dari disiplin-disiplin tersebut.

3.4. Perumusan Masalah

Perumusan masalah mengacu pada makin panasnya suhu udara perkotaan yang berdampak pada menurunnya kualitas kenyamanan lingkungan perkotaan. Hal mana akan diatasi dengan memanfaatkan vegetasi (pepohonan) sebagai *ameliorasi* iklim mikro, khususnya suhu

udara. Luas dan penempatan posisi vegetasi pohon atau hutan kota adalah dua hal yang harus ditegaskan dalam tata ruang kota. Eksistensi vegetasi diharapkan efektif mengendalikan kenaikan suhu udara. Di sisi lain, informasi mengenai *luas minimal penutupan vegetasi pohon* atau *hutan kota* serta *penempatan posisinya* agar optimal mengendalikan kenaikan suhu udara belum terungkap secara baik. Berapa luas minimal penutupan vegetasi pohon di perkotaan dan bagaimana penempatannya, adalah dua hal yang perlu dikaji secara spesifik.

3.5. Pendekatan atau Tipe Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian *deskriptif eksploratif* dengan pendekatan *kuantitatif*. Fokus pengamatan pada sejauh mana jarak jangkau pendinginan suhu udara akibat keberadaan vegetasi.

3.6. Ruang Lingkup

3.5.1. Ruang Lingkup Spasial

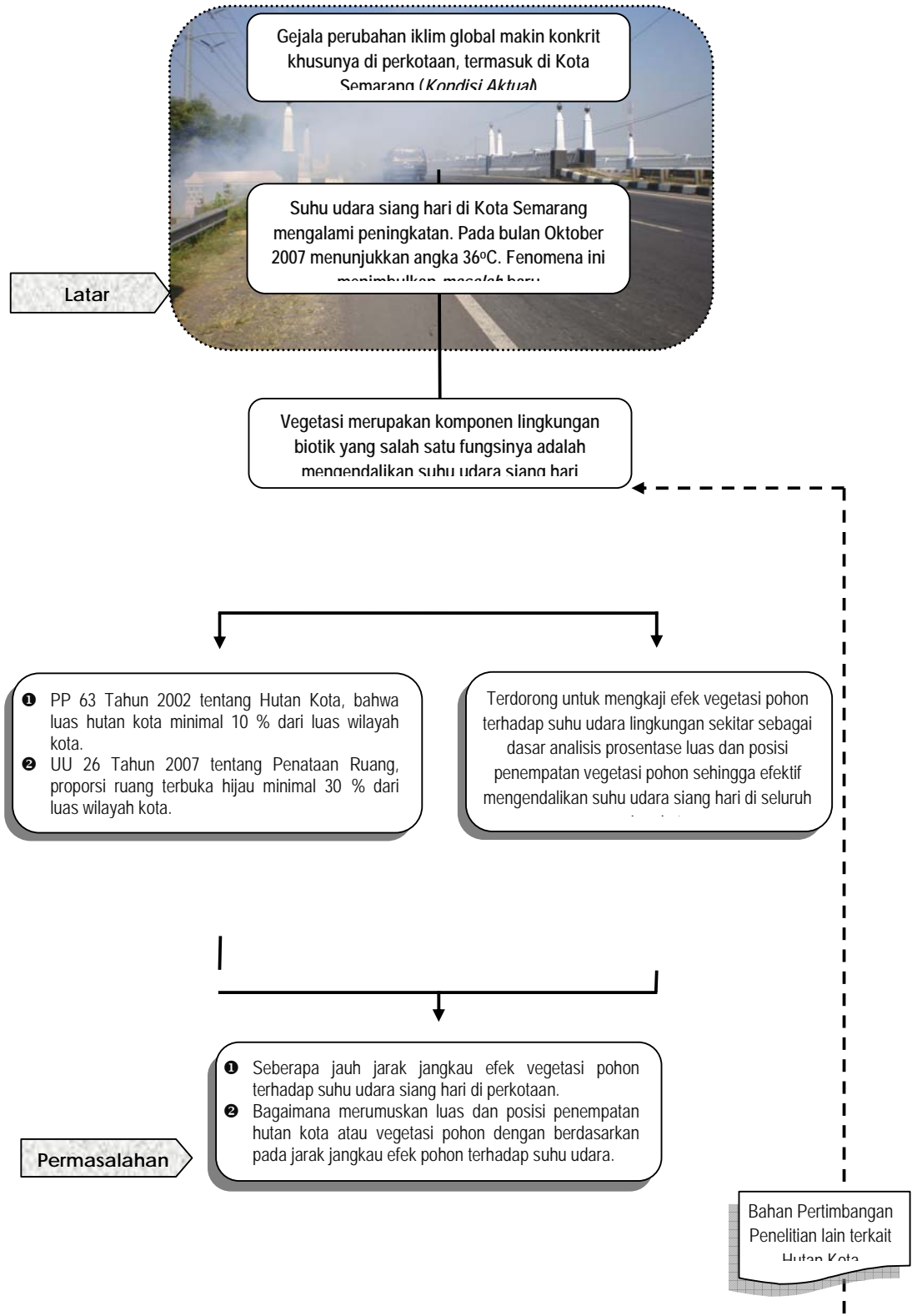
Penelitian dilakukan terhadap pohon penghijauan di lapangan Simpang Lima, Semarang. Vegetasi (pohon) yang menjadi indikator adalah jenis Beringin (*Ficus benjamina*).

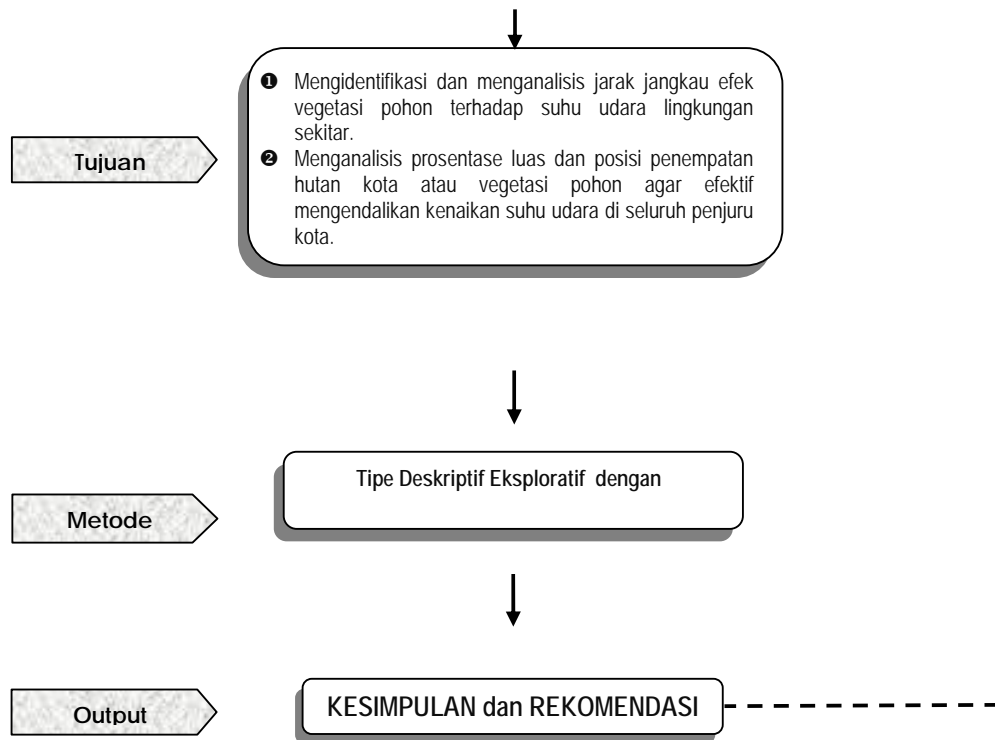
Pohon Beringin yang dijadikan objek penelitian terletak pada sudut lapangan sebelah Utara. Hasil pengukuran tinggi pohon dengan metode proyeksi menunjukkan bahwa tinggi pohon Beringin ini adalah $\pm 18,50$ meter.

3.5.2. Ruang Lingkup Substansial

- a. Vegetasi atau pohon sebagai komponen lingkungan biotik yang mampu mengatur iklim mikro. Penelitian ini didesain untuk mengkaji efek *vegetasi sebagai individu*, dan bukan sebagai komunitas.
- b. Komponen iklim yang diteliti adalah suhu udara, yaitu perbedaan suhu udara pada persentase penutupan vegetasi pohon (jarak) yang berbeda.

3.7. Kerangka Pemikiran





Gambar 3. Bagan Kerangka Pemikiran

3.8. Waktu Penelitian

Penelitian di lapangan dilaksanakan selama 20 (dua puluh) hari pengukuran. Aktivitas masyarakat di lokasi penelitian pada waktu-waktu tertentu menyebabkan pengukuran tidak memungkinkan setiap hari. Pengukuran mulai tanggal 20 Maret 2008, dan berakhir tanggal 19 April 2008.

3.9. Lokasi Penelitian

Kajian terhadap efek pepohonan sebagai *ameliorasi* iklim mikro hanya representatif apabila dilakukan di kota-kota besar. Kota dengan fenomena pulau panas kemungkinan hanya ditemukan apabila transportasi cukup padat, terdapat banyak kegiatan industri serta manusia yang beraktivitas. Dengan pertimbangan ini, penulis memutuskan melakukan penelitian di Kota Semarang. Semarang termasuk di antara kota besar di Indonesia yang telah mencatat suhu tertinggi di

siang hari. Pada tahun 2007 lalu, tercatat suhu siang hari mencapai 36° C di bulan Oktober.

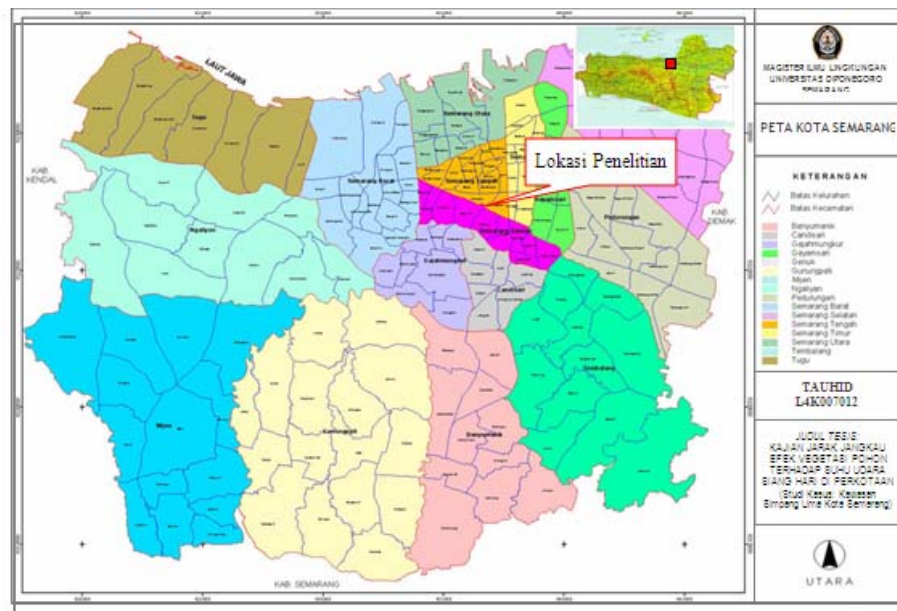
Kawasan dengan potensi pulau panas bukan hal sulit ditemukan di Kota Semarang. Semua jalan protokol merupakan representasi aktivitas transportasi yang padat, seperti Jalan Mataram, Majapahit, Siliwangi, Pandanaran atau yang lainnya. Demikian halnya kawasan industri, terminal, atau kawasan perbelanjaan.

Hal yang sulit secara teknis adalah melakukan isolasi dari pengaruh vegetasi lain yang bukan tanaman indikator. Vegetasi yang ingin dikaji adalah pohon sebagai individu, dan bukan sebagai komunitas pohon. Dengan

pertimbangan ini, kawasan Simpang Lima Semarang dipilih menjadi lokasi penelitian. Pada lapangan Simpang Lima, pembatasan efek individu pohon memungkinkan dilakukan.

Di samping itu, beberapa kondisi yang menjadi pertimbangan sehingga Simpang Lima cukup representatif, yaitu:

- a. Lapangan Simpang Lima dikitari oleh jalan yang padat arus lalu lintas. Selain itu, sebagai kawasan perekonomian dikelilingi oleh pusat-pusat perbelanjaan yang padat pengunjung. Dengan demikian, di kawasan Simpang Lima berpotensi terjadi fenomena pulau panas (*heat island*).



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian

(Diadaptasi dari Bappeda Kota Semarang, 2006)

- b. Simpang Lima masuk pada dataran *Semarang Bawah*, sehingga cukup mewakili kawasan pesisir kota yang lebih panas dibandingkan dengan *Semarang Atas*.
- c. Secara umum, Simpang Lima representatif sebagai kawasan yang memiliki suhu udara panas pada siang hari di Kota Semarang.

3.10. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah sebagai berikut:

Variabel terikat: persentase penutupan vegetasi, yang terdiri dari: titik pusat *canopy* (P), di bawah ujung *canopy* (U), area dengan penutupan vegetasi 30% (V_{30}), dan area dengan penutupan vegetasi 10% (V_{10}).

Variabel bebas:

- a. Suhu udara dalam satuan *derajat Celcius* ($^{\circ}\text{C}$);
- b. Kelembapan nisbi udara (Rh) dalam satuan persen (%);
- c. Kecepatan angin dalam satuan *knot*; dan
- d. Arah angin dalam satuan *derajat* dari arah Utara. Arah Utara adalah 360 derajat, arah Timur 90 derajat, arah Selatan 180 derajat, arah Barat 270 derajat, dan angin tenang (*Calm*) dinyatakan dengan 0 (Nol) derajat;
- e. Perawanan (penutupan awan) dinyatakan dalam *perdelapanan*. 0/8 berarti langit cerah, 4/8 berarti separuh langit tertutup awan, dan langit mendung dinyatakan dengan 8/8.

3.11. Jenis dan Sumber Data

Data primer diperoleh langsung dari pengukuran di lapangan terhadap beberapa indikator iklim.

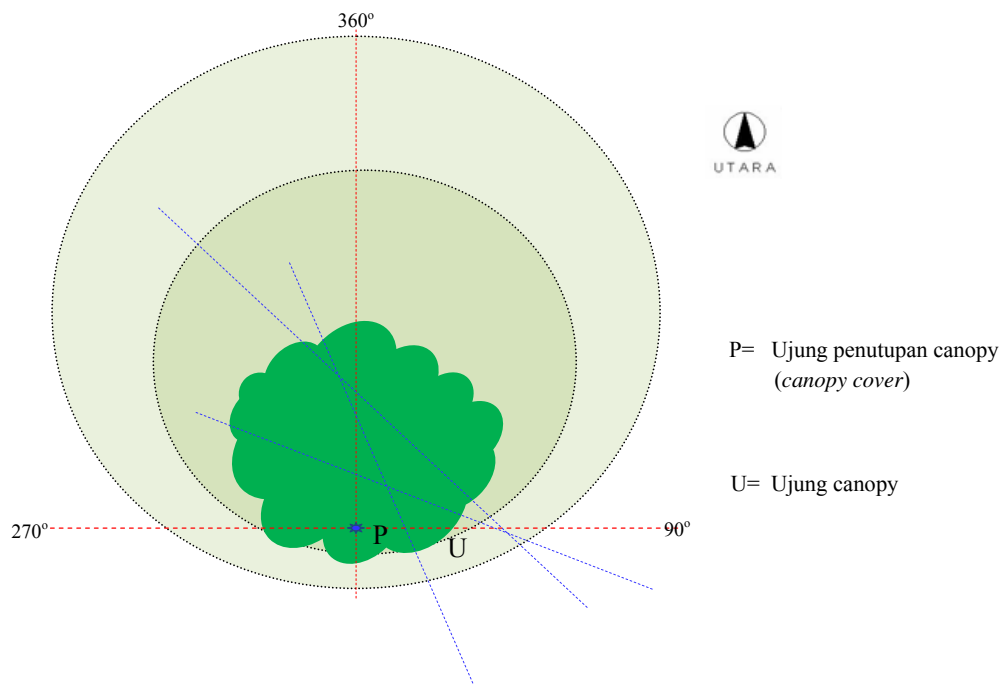
Data sekunder. Jenis data ini dibutuhkan untuk deskripsi lokasi penelitian. Gambaran Kota Semarang secara umum, dan secara khusus gambaran Simpang Lima.

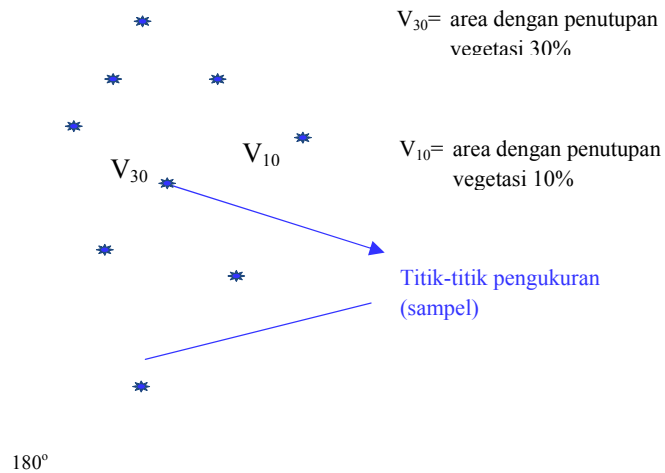
3.12. Populasi dan Sampling

Semua areal pada radius luas 90 % (seluas 9 kali) dari luas area penutupan canopy (*canopy cover*) ditetapkan sebagai *populasi*. Pembagian areal pengamatan dan letak titik sampel ditunjukkan dengan denah pada Gambar 5.

Dalam penentuan titik sampel, areal sekitar pohon diplot (dikapling) dalam bentuk ring mengitari pohon dengan pengaplingan sebagai berikut:

- a. Pusat *canopy* pohon letaknya pada sisi batang pohon. Titik ini disimbol dengan huruf P dan merupakan titik sampel pertama.
- b. Plot area pertama mulai dari titik pusat canopy sampai ujung canopy. Ujung canopy diperoleh dengan memproyeksikan ujung canopy pohon secara vertikal ke permukaan tanah. Plot area pertama ini disimbol dengan huruf U. Titik pengamatan terdiri atas 3 titik yang diletakkan pada sisi terluar dari area U, masing-masing disimbol U_a , U_b , dan U_c .
- c. Plot area kedua diperoleh melalui perhitungan persentase luas penutupan canopy, dengan perbandingan 30 : 70. Area yang disimbol dengan V_{30} ini mulai dari ujung canopy pohon tegak lurus ke luar sejauh 12 meter dari pusat canopy. Luas $U + V_{30}$ diasumsikan sebagai luas kota, sehingga penutupan hijau kota meliputi areal seluas 30 % dari luas kota. Wilayah kota yang bukan berupa vegetasi seluas 70 %. Asumsi ini didasarkan pada Undang-undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, Pasal 29 ayat (2) yang mengatur proporsi ruang terbuka hijau minimal 30 % dari luas wilayah kota. Titik pengamatan pada area V_{30} terdiri atas 3 titik yang diletakkan pada sisi terluar, masing-masing disimbol V_{30a} , V_{30b} , V_{30c} .





Gambar 5. Denah Plot Areal dan Titik Pengamatan

- d. Plot area ketiga disimbol dengan V_{10} , mulai dari batas area V_{30} tegak lurus ke arah luar sejauh 24 meter dari pusat canopy. Seperti halnya area V_{30} , penentuan luas (diameter) area V_{10} diperoleh melalui perhitungan persentase luas penutupan canopy, dengan perbandingan 10 : 90. Luas penghijauan kota diasumsikan seluas 10 % dari luas wilayah kota, sehingga 90 % wilayah kota bukan berupa vegetasi. Asumsi ini didasarkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 63 Tahun 2002 tentang Hutan Kota, Pasal 8 ayat (3), bahwa persentase luas hutan kota paling sedikit 10 % dari wilayah perkotaan. Titik pengamatan pada area V_{10} terdiri atas 3 titik yang diletakkan pada sisi terluar, masing-masing disimbol V_{10a} , V_{10b} , V_{10c} .

Titik sampel dimana dilakukan pengukuran suhu diletakkan pada bagian luar dari masing-masing area, baik V_{30} maupun V_{10} . Selain itu, pengukuran suhu juga dilakukan di tengah *canopy cover*. Desain penelitian mensimulasikan dua buah kota yang memiliki persentase luas vegetasi yang berbeda, yaitu kota dengan penutupan vegetasi pohon 30 % dari luas kota dan kota dengan penutupan 10 %.

Metode sampling yang digunakan dalam penentuan titik sampel adalah *sistematik sampling*. Sistematika didasarkan pada arah angin. Sistematika ini berkaitan dengan distribusi suhu udara yang dipengaruhi oleh arah angin. Pada sisi *canopy* yang berhadapan dengan arah angin

memiliki jarak efek pendinginan yang lebih kecil dibandingkan dengan sisi di sebelahnya.

3.13. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam pengumpulan data dapat diuraikan sebagai berikut:

3.13.1. Thermometer

Kartasapoetra (2006) menyebutkan bahwa suhu adalah derajat panas atau dingin yang diukur berdasarkan skala tertentu dengan menggunakan thermometer. Satuan suhu yang biasanya digunakan adalah derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$), sedangkan di Inggris dan beberapa negara lainnya dinyatakan dalam derajat Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$).

Thermometer air raksa terdiri atas tabung gelas yang di dalamnya terdapat pipa kapiler. Pada ujung yang satu dihubungkan dengan reservoir sedang ujung yang lain tertutup. Reservoir dan sebagian dari pipa kapiler berisi air raksa, sedangkan sisanya hampa udara. Bila suhunya naik air raksa megebang. Skala pada permukaan air raksa menunjukkan berapa derajat tingginya suhu pada waktu itu. Karena titik beku air raksa -39°C dan titik didihnya 357°C , maka termometer air raksa hanya dapat dipakai tanpa kesalahan antara $-30 - 300^{\circ}\text{C}$ (Waryono dkk., 1987).

Thermometer yang digunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a. Thermometer air raksa (*mercuri*);
- b. Type Fisher USA;
- c. Skala (*measuring range*) $-4 - 104^{\circ}\text{C}$;
- d. Tingkat ketelitian (*accuracy*) 0,2 derajat.

3.13.2. Pengukur Angin

Alat yang mengukur arah angin disebut *windvane*, dan yang mengukur kecepatan angin disebut *anemometer*. Apabila anemometer dan *windvane* dijadikan satu disebut *anemovane* (Tjasyono, 2004).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini tergolong *anemovane*. Namun produsen alat ini menamainya dengan *Handheld Anemometer*, type RVM 96B (buatan German). Alat ini memiliki data teknis (*data technical*) sebagai berikut:

- a. Selang pembacaan (*measuring range*) untuk kecepatan angin dari 0 – 100 knot atau 0 - 50 m/det atau 0 – 180 km/jam; dan arah angin 0 derajat – 360 derajat.
1 knot = 1,852 km/jam = 0,514 m/det (dibulatkan 0,5 m/det).
- b. Kemampuan pembacaan 0,5 m/det;
- c. Tingkat ketelitian (*accuracy*) $\pm 0,5$ m/det (kecepatan angin) dan ± 3 derajat (arah angin);
- d. Pembacaan kecepatan angin dengan sistem *optoelectronic* dengan *LC display*.
- e. Sistem penentu arah secara mekanik dengan *circular scale*.
- f. *Built-in Compass*;

3.13.3. Hygrometer

Hygrometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kelembaban nisbi udara. Type hygrometer yang dipakai adalah *Sybron Taylor*. Bagian penting dari alat adalah:

- a. dua buah thermometer alkohol, yaitu thermometer bola kering (BK) dan thermometer bola basah (BB). Thermometer ini memakai derajat Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$);
- b. piringan skala thermometer (*dial*);
- c. *roll scale* untuk pembacaan kelembaban; dan
- d. wadah air thermometer BB.

3.13.4. Kompas

Digunakan untuk menentukan posisi titik-titik sampel sehingga berada dalam satu garis lurus ke arah luar, yang berpusat pada *canopy cover*. Kompas yang digunakan menyatu dalam alat pengukur angin (*anemovane*).

3.13.5. Meteran

Meteran digunakan dalam pengukuran diameter *canopy cover*, pengaplingan serta pengukuran jarak titik sampel dari pusat *canopy cover*.

3.13.6. Bilah Kayu

Digunakan sebagai penyanggah thermometer (panjang 160 cm). Thermometer diikatkan pada ujung atas kayu.

3.13.7. Program Aplikasi Statistik

Program aplikasi statistik yang digunakan dalam pengolahan data penelitian adalah SPSS versi 11,5. Aplikasi ini digunakan dalam *Anova* dan Uji Lanjut *Bonferroni*.

3.13.8. Worksheet, papan landasan tulis, dll.

3.14. Pengumpulan Data

Data primer dikumpulkan melalui pengukuran indikator iklim pada titik-titik sampel. Indikator iklim yang menjadi variabel penelitian seperti disebutkan pada sub bab 3.9. Pengukuran dilakukan 20 hari, mulai jam 07.00 sampai dengan jam 18.00. Jam-jam pengukuran adalah 07.00, 09.00, 11.00, 13.00, 15.00, 17.00, dan selanjutnya selang satu jam kemudian yaitu pada jam 18.00 dilakukan pengukuran terakhir untuk hari itu.

Pengukuran suhu dilakukan pada ketinggian $\pm 1,5$ meter dari permukaan tanah. Menurut Tjasyono (1992), dipilihnya tinggi $\pm 1,5$ meter karena pada ketinggian ini memungkinkan data klimatologi dapat berlaku untuk daerah yang lebih luas. Untuk ketinggian yang lebih rendah (dekat permukaan tanah), maka akan terdapat gangguan-gangguan keadaan (sifat-sifat) alam.

Guna kemudahan dalam pengukuran, digunakan sebilah kayu sepanjang $\pm 1,6$ m sebagai penopang thermometer. Thermometer diikatkan pada bagian ujung atas kayu. Ujung kayu dibuatkan tudung secukupnya untuk menaungi thermometer dari sinar matahari langsung.

Berkenaan dengan lama pengukuran pada setiap kali pengamatan, penulis mengacu pada definisi yang dikemukakan oleh Swarinoto dan Widiastuti (2002), bahwa jam pengamatan cuaca didefinisikan sebagai waktu selama ± 10 menit sebelum waktu universal yang digunakan oleh seorang pengamat cuaca untuk mengamati unsur-unsur cuaca. Jadi mulai 10 menit sebelum jam universal, seorang pengamat cuaca telah melakukan pekerjaannya.

3.15. Analisis Data

Jarak jangkauan efek vegetasi dalam mengendalikan kenaikan suhu udara dianalisis dengan statistik deskriptif. Statistik deskriptif (Santoso, 2003) meliputi proses *pengumpulan*, *penyajian* dan *meringkas* berbagai karakteristik dari data dalam upaya untuk menggambarkan data tersebut secara memadai.

Data suhu udara, kelembapan nisbi, angin dan perawanan hasil pengukuran selama 20 hari ditampilkan dalam lampiran. Hasil pengukuran suhu hanya terdiri dari satu digit dibelakang koma sesuai pembacaan skala thermometer. Hasil pengukuran kelembapan nisbi udara tanpa angka desimal, sesuai pembacaan skala hygrometer yang digunakan.

Kemudian dilakukan peringkasan/rekapitulasi data. Rekapitulasi ini ditampilkan dalam tabel dan gambar yang disajikan dalam sub-bab **4.1. Hasil Penelitian** dan **4.2. Pembahasan**. Hasil rekapitulasi suhu dan kelembapan disajikan dengan dua angka *desimal* (dua digit di belakang koma). Ini dimaksudkan untuk dapat lebih menampakkan tingkat perbedaan antara angka-angka yang dibandingkan.

Selain itu, hal ini mengikuti kelaziman penulisan laporan ilmiah seputar peningkatan suhu udara permukaan Bumi.

Bagi kepentingan penarikan kesimpulan, digunakan metode statistik dengan bantuan SPSS versi 11,5. Metode statistik yang digunakan adalah *Uji Anova Two-Way* terhadap data suhu udara dan waktu pengamatan. Anova digunakan untuk melihat signifikansi antar rerata suhu udara dari setiap area (jarak) dari pusat *canopy* pada setiap waktu pengamatan. Hasil Anova yang menunjukkan adanya perbedaan rerata yang signifikan, dilanjutkan dengan uji lanjut terhadap hasil F_{hitung} yang signifikan dengan menggunakan *Metode Bonferroni*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

a. Geografi, Sejarah, Administrasi dan Luas Wilayah

Secara geografis Kota Semarang terletak pada posisi 6°50'–7°10' Lintang Selatan dan 109°35'–110°50' Bujur Timur. Berbatasan dengan wilayah Kabupaten Kendal di sebelah Barat, sebelah Timur dengan Kabupaten Demak, sebelah Selatan dengan

Kabupaten Semarang dan sebelah Utara dibatasi oleh Laut Jawa dengan panjang garis pantai 13,6 Km (BPN-Semarang, 2008).

Berdasarkan bentuk morfologinya, wilayah Kota Semarang secara umum dapat dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu Kota Semarang Bawah merupakan dataran rendah ± 5 m dpl dan Kota Semarang Atas merupakan perbukitan dengan ketinggian 50–250 m dpl. Kemiringan daerah Selatan 15–40 % dan daerah Utara 0–2 % (BPN-Semarang, 2008; Bappenas, 2008). Pada dataran rendah jenis batuan berupa bantuan endapan (*alluvium*) yang berasal dari endapan sungai yang mengandung pasir dan lempung. Sedangkan pada daerah perbukitan sebagian besar memiliki jenis batuan berupa batuan beku (BPN-Semarang, 2008).

Nama Semarang merupakan pemberian Syeh Wali Lanang untuk sebuah *bubak* (pemukiman baru). Bubak tersebut dipimpin oleh Kyai Ageng Pandan Arang. Syeh Wali Lanang adalah seorang maulana dari negeri Arab, sahabat Kyai Ageng Pandan Arang. Daerah *bubak* tersebut masih dapat dikenali sekarang ini, dan dinamai Bubakan. Bubakan berada di sebelah Selatan Jalan Agus Salim (Khadiyanto, 2005).

Pemerintahan Kota Semarang dipimpin oleh Walikota dan Wakil Walikota, dibantu oleh Sekretaris Daerah dengan 3 Asisten dan 8 Bagian, 18 Dinas Daerah, enam Badan dan empat Kantor (Bappenas, 2008).

Secara administrasi Kota Semarang merupakan daerah seluas $\pm 37.360,947$ Ha dengan wilayah administrasi terdiri atas 16 wilayah kecamatan dan 177 wilayah kelurahan (BPN-Semarang, 2008). Adapun kecamatan tersebut antara lain (Pemkot, 2008):

1. Kecamatan Semarang Barat
2. Kecamatan Semarang Timur
3. Kecamatan Semarang Tengah
4. Kecamatan Semarang Utara
5. Kecamatan Semarang Selatan

6. Kecamatan Candisari
7. Kecamatan Gajahmungkur
8. Kecamatan Gayamsari
9. Kecamatan Pedurungan
10. Kecamatan Genuk
11. Kecamatan Tembalang
12. Kecamatan Banyumanik
13. Kecamatan Gunungpati
14. Kecamatan Mijen
15. Kecamatan Ngaliyan
16. Kecamatan Tugu.

Kota Semarang adalah ibukota Propinsi Jawa Tengah yang terletak di bagian Utara Jawa Tengah. Berfungsi sebagai pusat pemerintahan, perdagangan, kegiatan industri, transportasi, pendidikan, pariwisata dan permukiman (Bappenas, 2008).

b. Penduduk

Jumlah Penduduk pada tahun 2007 tercatat 1.433.699 jiwa yang terdiri dari 358.424 KK. Kepadatan penduduk 3.744 jiwa/km². Memiliki angkatan kerja sejumlah 829.880 orang. Penduduk miskin 82.665 KK atau 23.5% dan kuota Askeskin 306.700 jiwa (Bappenas, 2008).

c. Perekonomian

Laju pertumbuhan ekonomi Kota Semarang mencapai $\pm 5,72$ %. Kontribusi terbesar pada sektor-sektor berikut (Bappenas, 2008):

- ~ Perdagangan 35,45 %
- ~ Industri 31,69 %
- ~ Jasa-Jasa 13,12 %
- ~ Angkutan 7,34 %
- ~ Keuangan 6,37 %
- ~ Bangunan 3,60 %

- ~ Gas, Listrik 1,50 %
- ~ Pertanian 0,67 %
- ~ Pertambangan 0,26 %

d. Kawasan Simpang Lima

Dalam Rencana Detail Tata Ruang Kota (RDTRK) Semarang Tahun 2000 - 2010, Simpang Lima termasuk dalam Tata Guna Lahan Bagian Wilayah kota (BWK) I. Lapangan Simpang Lima berada di antara Kecamatan Semarang Tengah dan Kecamatan Semarang Selatan. Batas kedua wilayah kecamatan adalah jalan Pandanaran dan jalan Ahmad Yani. Bila diproyeksi garis lurus menghubungkan antara kedua jalan, batas tersebut tepat memotong tengah lapangan. Pengelolaan Simpang Lima ditangani langsung oleh Pemerintah Kota melalui Dinas Pertamanan.

Simpang Lima merupakan ruang terbuka terbesar dan menjadi *landmark* pusat kota Semarang. Simpang Lima merupakan simpul dari lima *path* besar yang terhubung dengan pusat-pusat kota lainnya, seperti Candi dan Tugu Muda. Di sekitarnya berdiri bangunan-bangunan yang didominasi oleh bangunan perkantoran, perbelanjaan dan sebuah masjid (Rimbowati, 2005).

Apabila dicermati secara seksama, lapangan Simpang Lima sesungguhnya merupakan pulau jalan raksasa. Pertemuan lima jalan, yaitu Jalan Pahlawan, Pandanaran, Gajah Mada, Ahmad Dahlan dan Ahmad Yani. Pulau jalan raksasa ini berupa sebuah lapangan rumput yang luas berbentuk persegi empat. Terdapat pohon beringin yang tumbuh pada ke empat sudutnya. Beberapa jenis tanaman juga tumbuh pada empat sisi lapangan, teratur dan tidak begitu rapat. Jenis tanaman tersebut antara lain Glodokan Tiang, Asam Jawa, Kelapa Sawit dan Palem. Sisi luar lapangan

setelah barisan tanaman, terdapat trotoar yang cukup lebar mengitari lapangan.

Lapangan yang dinamai Lapangan Pancasila ini berperan sebagai ruang terbuka publik *multi layer*. Dalam 24 jam, praktis tidak pernah sepi dari aktivitas warga kota. Pagi hari sebelum matahari terbit, hampir selalu dapat dijumpai orang yang berjalan atau berlari kecil di trotoar. Sebagian ada yang bersenam di tengah lapangan. Pada jam sekolah, siswa SMK Negeri 7 (dulu STM Negeri Pembangunan) sering kali memanfaatkan lapangan sebagai tempat berolahraga. Tengah hari ketika terik, terlihat orang-orang bersantai melepas penat di bawah pepohonan.

Di waktu sore, aktivitas lebih ramai. Terdapat beberapa kelompok remaja yang bermain sepak bola. Bagian pinggir lapangan biasanya ditempati sekelompok anak-anak bermain, diawasi orang tuanya. Kadang juga dijumpai suatu anggota keluarga yang bersantai sambil menikmati makanan. Pada malam Minggu, lapangan dan trotoar berfungsi sebagai pasar malam. Hingga pagi harinya, pasar rakyat ini semakin ramai oleh penjual dan pembeli.

Lapangan Simpang Lima sering ditempati pelaksanaan Upacara Hari Nasional, panggung pertunjukan, atau yang lainnya. Bahkan lapangan Simpang Lima dimanfaatkan beberapa tunawisma dalam melalui malam-malamnya. Terlepas dari *distorsi* moral yang terjadi di dalamnya, fungsi Simpang Lima sebagai ruang publik benar-benar optimal.

4.1.2. Hasil Pengukuran Suhu Udara

Rerata suhu udara ($^{\circ}\text{C}$) hasil pengukuran selama 20 hari pada titik pusat *canopy* (P), di bawah ujung *canopy* (U), area dengan penutupan vegetasi 30 % (V_{30}), dan area dengan penutupan vegetasi 10 % (V_{10}) ditunjukkan dalam Tabel 1. Guna melihat efek vegetasi terhadap penekanan kenaikan suhu udara, dihitung dari selisih suhu (Δt) antara *pusat canopy* (P) dengan suhu pada ujung *canopy* (U), titik V_{30} , dan titik V_{10} . Selisih hasil pengukuran suhu (Δt) paling tinggi adalah titik V_{10} . Δt pada titik V_{10} sebesar $0,70^{\circ}\text{C}$, dan pada titik V_{30} sebesar $0,49^{\circ}\text{C}$.

Berdasarkan selisih suhu (Δt) antara pusat *canopy* (P) dengan tiga titik pengukuran suhu, menunjukkan bahwa keberadaan vegetasi memiliki efek menurunkan suhu udara. Dimana suhu udara lebih dingin pada titik pengukuran P dibandingkan titik yang lainnya, titik U lebih dingin dari titik V_{30} , serta titik V_{30} lebih dingin dari titik V_{10} .

Tabel 1. Hasil Pengukuran Suhu Rerata dari 20 Hari Pengukuran pada Titik Pusat *Canopy* (P), Ujung *Canopy* (U), Area dengan Penutupan Vegetasi 30% (V_{30}) dan Area dengan Penutupan Vegetasi 10% (V_{10})

Jam Pengukuran	Suhu Udara ($^{\circ}\text{C}$) pada Titik Pengukuran ^{*)}					Selisih Suhu (Δt)		
	P	U	V_{30}	V_{10}	Rerata	U - P	V_{30} - P	V_{10} - P
1	2	3	4	5	6	7	8	9
07.00	26,71	26,87	26,92	26,99	26,87	0,16	0,22	0,29
09.00	28,92	29,62	29,96	30,20	29,68	0,71	1,04	1,28
11.00	30,53	31,14	31,56	32,01	31,31	0,61	1,04	1,49
13.00	31,53	31,92	32,30	32,76	32,13	0,39	0,77	1,23
15.00	30,76	30,96	31,14	31,40	31,07	0,21	0,38	0,65
17.00	29,33	29,29	29,31	29,33	29,32	-0,04	-0,02	0,00
18.00	28,70	28,68	28,69	28,70	28,69	-0,02	-0,01	0,00
Rerata	29,49	29,78	29,98	30,20	29,86	0,29	0,49	0,70

^{*)} Jarak Pusat *Canopy* (P) dengan Ujung *Canopy* (U) 8 m; Pusat *Canopy* (P) dengan titik V_{30} 12 m; dan Pusat *Canopy* (P) dengan titik V_{10} 24 m

Sumber: *Olahan Data Primer (2008)*

Rerata suhu dari hasil pengukuran yang dilakukan selama 20 hari dalam Tabel 1, menunjukkan bahwa suhu tertinggi tercatat pada

jam 09.00, 11.00, 13.00 dan 15. Pada Tabel 2 berikut ini, dalam kolom 2, 3, 4 dan 5 diperlihatkan rerata suhu pada jam-jam tersebut. Tampak bahwa rerata suhu udara pada titik P sebesar 30,44°C, titik U 30,91°C, titik V₃₀ 31,24°C dan titik V₁₀ 31,59°C. Selisih suhu udara (Δt) dengan titik P pada jam-jam tersebut masing-masing ditunjukkan dalam kolom 7, 8, dan 9.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Suhu Rerata pada jam 09.00, 11.00, 13.00 dan 15.00 pada Titik Pusat *Canopy* (P), Ujung *Canopy* (U), Area dengan Penutupan Vegetasi 30% (V₃₀) dan Area dengan Penutupan Vegetasi 10% (V₁₀)

Jam Pengukuran	Suhu Udara (°C) pada Titik Pengukuran ^{*)}					Selisih Suhu (Δt)		
	P	U	V ₃₀	V ₁₀	Rerata	U - P	V ₃₀ - P	V ₁₀ - P
1	2	3	4	5	6	7	8	9
09.00	28,92	29,62	29,96	30,20	29,68	0,71	1,04	1,28
11.00	30,53	31,14	31,56	32,01	31,31	0,61	1,04	1,49
13.00	31,53	31,92	32,30	32,76	32,13	0,39	0,77	1,23
15.00	30,76	30,96	31,14	31,40	31,07	0,21	0,38	0,65
Rerata	30,44	30,91	31,24	31,59	31,05	0,48	0,81	1,16

^{*)} Jarak Pusat *Canopy* (P) dengan Ujung *Canopy* (U) 8 m; Pusat *Canopy* (P) dengan titik V₃₀ 12 m; dan Pusat *Canopy* (P) dengan titik V₁₀ 24 m

Sumber: *Olahan Data Primer (2008)*

Rerata Δt pada titik U sebesar 0,48°C, titik V₃₀ 0,81°C dan titik V₁₀ 1,16°C. Angka-angka selisih suhu udara (Δt) setiap titik pengukuran pada jam-jam ini adalah penting untuk membahas peran vegetasi dalam menetralsisir kenaikan suhu udara.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Suhu Rerata pada Titik Kontrol dibandingkan dengan Titik Pusat *Canopy* (P), Ujung *Canopy* (U), Area dengan Penutupan Vegetasi 30% (V₃₀) dan Area dengan Penutupan Vegetasi 10% (V₁₀) pada 3 (Tiga) Hari Pengukuran (tanggal 14, 15 dan 16 April 2008)

Jam Pengukuran	Suhu Udara (°C) pada Titik Pengukuran ^{*)}					Selisih Suhu (Δt) dengan Kotrol	
	P	U	V ₃₀	V ₁₀	Kontrol	V ₃₀	V ₁₀
1	2	3	4	5	6	7	8
07.00	27,20	27,30	27,33	27,43	27,43	0,10	0,00
09.00	29,50	30,20	30,19	30,18	30,30	0,11	0,12
11.00	31,30	31,61	31,76	32,06	32,20	0,44	0,14
13.00	32,60	32,93	33,17	33,79	33,80	0,63	0,01
15.00	31,77	32,20	32,12	32,69	32,97	0,85	0,28
17.00	30,57	30,54	30,50	30,49	30,53	0,03	0,04
18.00	29,77	29,77	29,77	29,77	29,77	0,00	0,00
Rerata	30,39	30,65	30,69	30,92	31,00	0,31	0,09

^{*)} Jarak Pusat *Canopy* (P) dengan Ujung *Canopy* (U) 8 m; Pusat *Canopy* (P) dengan titik V₃₀ 12 m; dan Pusat *Canopy* (P) dengan titik V₁₀ 24 m.

Sumber: *Olahan Data Primer (2008)*

Selain pengukuran pada titik P, U, V₁₀ dan V₃₀, dilakukan pengontrolan suhu pada area yang relatif tidak dipengaruhi oleh vegetasi. Hasil pengukuran suhu pada area ini dibutuhkan sebagai data pendukung dalam analisis dan penarikan kesimpulan. Analisis jarak efektif efek vegetasi memerlukan data ini sebagai kontrol. Titik pengukuran terletak di tengah lapangan Simpang Lima dengan jarak \pm 50 m dari titik P. Pengukuran dilakukan selama tiga hari. Rerata hasil pengukuran dari tiga hari tersebut ditampilkan dalam Tabel 3.

4.1.3. Hasil Pengukuran Kelembapan Nisbi Udara (Rh)

Hasil pengukuran kelembapan nisbi udara (Rh) rerata dari 20 hari pengukuran pada semua titik diperlihatkan dalam Tabel 4 berikut ini. Rerata hasil pengukuran ini memperlihatkan bahwa sejak jam 07.00 kelembapan udara terus menurun hingga jam 13.00, dan selanjutnya kembali meningkat hingga jam 18.00. Seperti terlihat pada kolom 6, pada jam 07.00 dan jam 18.00 masing-masing 77,71 % dan 76,57 %, dan pada jam 13.00 terjadi penurunan kelembapan hingga 62,65 %.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Kelembapan Nisbi Udara (Rh) Rerata setiap jam pengamatan pada Titik Pusat *Canopy* (P), Ujung *Canopy* (U), Area dengan Penutupan Vegetasi 30% (V₃₀) dan Area dengan Penutupan Vegetasi 10% (V₁₀)

Jam Pengukuran	Kelembapan Nisbi Udara (%) pada Titik Pengukuran ^{*)}					Selisih Kelembapan dengan Pusat <i>Canopy</i>		
	P	U	V ₃₀	V ₁₀	Rerata	U - P	V ₃₀ - P	V ₁₀ - P
1	2	3	4	5	6	7	8	9
07.00	79,00	78,00	77,14	76,71	77,71	-1,00	-1,86	-2,29
09.00	73,43	71,14	68,00	66,29	69,72	-2,29	-5,43	-7,14
11.00	66,71	63,57	63,57	61,57	63,86	-3,14	-3,14	-5,14
13.00	65,86	63,86	61,57	59,29	62,65	-2,00	-4,29	-6,57
15.00	68,14	66,86	66,29	64,14	66,36	-1,29	-1,86	-4,00
17.00	74,86	72,71	72,14	71,71	72,86	-2,14	-2,71	-3,14
18.00	76,57	76,57	76,57	76,57	76,57	0,00	0,00	0,00
Rerata	72,08	70,39	69,33	68,04	69,96	-1,69	-2,76	-4,04

^{*)} Jarak Pusat *Canopy* (P) dengan Ujung *Canopy* (U) 8 m; Pusat *Canopy* (P) dengan titik V₃₀ 12 m; dan Pusat *Canopy* (P) dengan titik V₁₀ 24 m.

Sumber: *Olahan Data Primer (2008)*

Pada kolom 7, 8 dan 9 menunjukkan bahwa selisih paling jauh antara kelembapan udara di titik P dengan titik pengukuran lainnya terjadi pada jam 09.00, yaitu sebesar 7,14 %, dan pada titik V₃₀ 5,43%. Pada jam 09.00, 11.00, 13.00 dan 15 terjadi penurunan kelembapan udara hingga berada di bawah 70 %.

4.1.4. Angin dan Perawanan

Hasil pengukuran angin selama 20 hari seperti dalam Lampiran 3, menunjukkan bahwa arah dan kecepatan angin tidak memiliki pola yang tetap. Selalu terjadi perubahan arah dan kecepatan angin. Tidak terlihat adanya arah angin yang dominan dari yang lain. Dalam satu hari dapat mengalami perubahan arah angin yang berkali-kali.

Tabel 5. Perbedaan Suhu Udara (°C) antara Pusat Canopy (P) dengan Area Penutupan Vegetasi 30% (V₃₀) berdasarkan Arah dan Kecepatan Angin.

Tanggal Pengukuran (2008)	Arah Angin (<i>derajat</i>)					
	247,5° – 22,5° (antara Barat dan Utara)			67,5° – 202,5° (antara Timur dan Selatan)		
	Kecepatan Angin (<i>knot</i>)					
	1 - 3	4 - 6	≥ 7	1 - 3	4 - 6	≥ 7
1	2	3	4	5	6	7
20 Maret	1,97	-	-	-	0,30	-
21 Maret	0,83	-	-	-	-	-
22 Maret	-	1,50	-	0,70	-	-
24 Maret	-	1,73	-	-	-	-
25 Maret	1,00	-	-	-	-	-
26 Maret	-	1,03	0,70	-	-	-
28 Maret	-	0,33	0,23	-	-	-
29 Maret	-0,07	0,23	-	-	-	-
31 Maret	0,78	-	-	-	-	-
01 April	-	-	-	-	-	-
02 April	-	0,17	-	-	0,87	-
07 April	0,07	-	-	-	-	-
08 April	0,10	0,77	-	-	0,67	-
09 April	-	0,20	-	0,83	0,30	-
14 April	-	-	-	-	0,70	-
15 April	-	0,00	-	-	0,50	-
16 April	-	-	-	-	-	0,40
17 April	-	-	-	-	0,95	1,10

18 April	-	-	-	-	0,60	0,70
19 April	-	-	-	0,30	0,70	-
Rerata (°C)	0,67	0,66	0,46	0,61	0,62	0,73
Frekuensi (%)	21,21	27,27	6,06	9,09	27,27	9,09

Sumber: *Olahan Data Primer (2008)*

Untuk melihat pengaruh perbedaan arah dan kecepatan angin terhadap efek vegetasi dalam menekan kenaikan suhu udara, dalam Tabel 5 diperlihatkan rekapitulasi untuk dua arah angin yang berlawanan. *Pertama*, angin yang berhembus dari arah antara Barat dan Utara (270° - 360°). Angin ini bertiup dari arah pohon ke area pengukuran; dan *kedua*, angin yang bertiup dari arah antara Timur dan Selatan (90° - 180°). Angin ini bertiup dari luar menuju ke arah pohon melewati area pengukuran.

Dalam Tabel 5, pengaruh arah dan kecepatan angin diidentifikasi berdasarkan perbedaan suhu udara antara pusat *canopy* (P) dengan area penutupan vegetasi 30% (V_{30}). Kolom yang kosong (-) menunjukkan bahwa angin bertiup dari selain arah angin yang disebutkan dalam tabel, yaitu antara Barat dan Utara dan antara Timur dan Selatan, atau angin tidak bertiup (*calm*).

Data distribusi frekuensi arah dan kecepatan angin seperti pada baris terakhir Tabel 5 diperlukan dalam penempatan posisi vegetasi pohon atau hutan kota. Dalam hal ini, yang diperlukan adalah data frekuensi arah dan kecepatan angin tahunan.

Hasil perawanan (pengamatan terhadap jumlah awan yang menutupi langit) pada jam-jam pengamatan selama 20 hari diperlihatkan dalam Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Perawanan dari 20 Hari Pengamatan

Penutupan Awan	Jumlah Kejadian	Persentase (%)
1	2	3
1/8	9	6,43
2/8	16	11,43
3/8	17	12,14
4/8	22	15,71
5/8	14	10,00
6/8	23	16,43

7/8	25	17,86
8/8 (mendung)	6	4,29
gerimis	4	2,86
hujan	4	2,86
Total Pengamatan	140	100

Sumber: Olahan Data Primer (2008)

Rekapitulasi hasil perawanan yang ditampilkan dalam Tabel 6 tersebut menunjukkan bahwa penutupan awan 7/8 paling sering terjadi, yaitu 25 kali dari 140 kali pengukuran atau 17,86 %. Disusul penutupan awan 6/8 yang teramati sebanyak 23 kejadian atau 16,43 %.

Secara keseluruhan, hasil perawanan selama 20 hari pengamatan menunjukkan bahwa langit di atas lokasi penelitian pada waktu pengukuran dilakukan sering tertutup awan, atau berada dalam pengaruh musim hujan.

4.2. Pembahasan

4.2.1. Fluktuasi dan Distribusi Suhu Udara

Derajat perbedaan suhu antara pusat *canopy* (P), di bawah ujung *canopy* (U), area dengan penutupan vegetasi 30 % (V_{30}), dan area dengan penutupan vegetasi 10 % (V_{10}), dianalisis dengan uji statistik *Anova Two-Way*. Kemudian, signifikansi perbedaan antar rerata suhu udara diuji dengan menggunakan analisis lanjutan (*post hoc analysis*) Metode *Bonferroni*.

Uji *Anova* dilakukan terhadap hasil 20 hari pengukuran. Hasil uji menunjukkan bahwa hasil F_{hitung} dari variabel Jarak titik pengukuran dari pusat *canopy* (P) yang signifikan. Terdapat perbedaan suhu udara yang signifikan antar Jarak pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha_{0,05}$). Kecuali pada dua hari pengukuran, yaitu hari kedua belas dan tujuh belas, nilai F_{hitung} tidak menunjukkan signifikan. Tidak signifikannya F_{hitung} pada dua hari tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lain tidak tetap yang tidak terkontrol.

Hasil F_{hitung} variabel Jarak Titik Pengukuran dari Pusat *Canopy* (P) memiliki nilai signifikansi yang lebih kecil dari 0,05. Berarti bahwa terdapat perbedaan suhu udara yang signifikan antar titik pengukuran.

Guna mengetahui titik mana yang saling berbeda, dilakukan analisis lanjut dengan metode *Bonferroni* pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha_{0,05}$). Hasil uji ini menunjukkan bahwa suhu udara pada Jarak 24 m (V_{10}) berbeda secara signifikan dengan suhu udara di pusat *canopy* (P). Hasil uji *Bonferroni* ditampilkan pada Lampiran 3.

Melihat hasil pengukuran suhu udara pada Tabel 1, selisih rerata suhu udara (Δt) antara titik P dengan titik (V_{10}) adalah sebesar 0,70°C. Dan selisih rerata suhu udara (Δt) dari jam 09.00, 11.00,

13.00 dan 15.00 (Tabel 2) antara titik P dengan titik (V_{10}) adalah sebesar $1,16^{\circ}\text{C}$.

Hasil uji lanjut juga menunjukkan bahwa suhu udara pada Jarak 12 m (V_{30}) berbeda signifikan dengan suhu udara pada pusat *canopy* (P). Hal ini tampak pada enam hari pengukuran. Pada Tabel 1, terlihat bahwa selisih *rerata* suhu udara (Δt) antara kedua titik tersebut sebesar $0,49^{\circ}\text{C}$.

Di sisi lain, terdapat empat hari pengukuran yang menunjukkan bahwa Jarak 24 m (V_{10}) berbeda secara signifikan dengan suhu udara di bawah ujung *canopy* (U). Selisih *rerata* suhu udara (Δt) antara kedua titik tersebut sebesar $0,42^{\circ}\text{C}$, dan Δt pada jam 09.00, 11.00, 13.00 dan 15.00 sebesar $0,68^{\circ}\text{C}$.

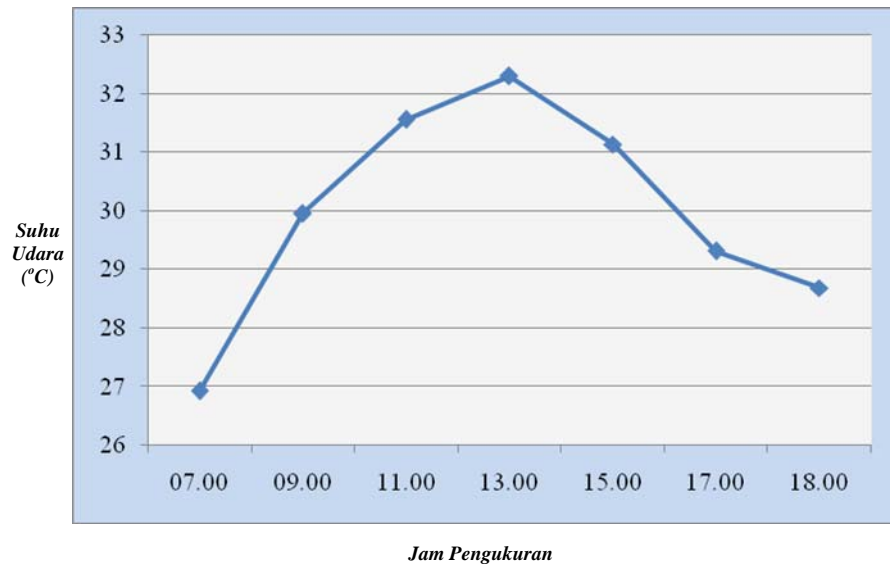
Disini dilakukan penekanan melihat selisih *rerata* suhu udara (Δt) pada jam 09.00, 11.00, 13.00 dan 15. Hal ini dilakukan karena dua alasan:

- a. Berkaitan fungsi *ekologis* vegetasi sebagai *ameliorasi* iklim mikro. Vegetasi mampu menciptakan lingkungan yang nyaman melalui pengendalian kenaikan suhu udara. Pada jam-jam tersebut umumnya kita merasakan ketidaknyamanan terhadap udara panas perkotaan, sehingga eksistensi vegetasi sangat berarti. Adapun suhu udara pada waktu pagi (sebelum jam 09.00) masih terasa segar, bahkan untuk berolahraga pun masih terasa nyaman. Dan pada waktu sore (setelah jam 15.00) umumnya sudah relatif nyaman untuk melakukan aktivitas di ruang terbuka.
- b. Berkaitan proses *fisiologis* dalam tubuh tumbuhan sehingga mampu menekan kenaikan suhu udara. Intensitas penyinaran matahari pada jam-jam tersebut memicu proses *fotosintesis* dan *transpirasi*. Dua proses fisiologis yang berperan mendinginkan suhu udara sekitar vegetasi.

Hasil pengukuran suhu udara selama 20 hari menunjukkan bahwa umumnya suhu tertinggi tercatat pada jam-jam 09, 11.00, 13.00 dan 15.00. Hal senada telah dituliskan oleh Sudjono (1968), bahwa

umumnya temperatur (suhu) mencapai titik maksimal pada jam 13.00 - 14.00 (jam lokal) dan mencapai titik minimum pada jam lokal 05.00 - 06.00. Penyimpangan-penyimpangan temperatur yang terjadi tiap hari tahun demi tahun tidak terlalu besar, sehingga tidak melampaui temperatur kritis, dalam arti kata masih di dalam batas-batas interval temperatur dimana tumbuhan dapat tumbuh dengan baik.

Estimasi fluktuasi suhu harian ditunjukkan dengan grafik pada gambar 6 berikut ini. Grafik ini merupakan estimasi fluktuasi suhu udara dari 20 hari pengukuran pada titik V₃₀.



Gambar 6. Estimasi Fluktuasi Suhu Udara (°C) pada Titik V₃₀
(Sumber: *Olahan Data Primer, 2008*)

Grafik memperlihatkan suhu mulai menanjak pada jam 09.00. Suhu terus naik dan mencapai angka tertinggi pada jam 13.00, selanjutnya terus mengalami penurunan hingga jam 18.00. Suhu masih tercatat tinggi pada jam 15.00. Tingginya suhu udara permukaan Bumi pada jam-jam tersebut sangat berkaitan dengan sudut tiba radiasi matahari. Dalam hal ini adalah sudut jatuh radiasi matahari terhadap permukaan bumi. Pada jam-jam dimaksud, radiasi yang dipancarkan matahari mendekati garis tegak lurus dengan permukaan bumi. Hal ini menyebabkan lebih tipisnya lapisan

atmosfer yang dilalui oleh radiasi matahari dibandingkan dengan pada saat sebelum dan setelah jam-jam tersebut.

Menurut Tjasyono (2004) pada waktu matahari rendah, sinar matahari akan melalui lapisan atmosfer yang lebih tebal sehingga terdapat banyak *hamburan* dan *penyerapan* oleh lapisan atmosfer. Kedua efek ini akan mengurangi radiasi matahari global.

Fenomena suhu panas pada waktu tengah hari bersifat menyeluruh di permukaan bumi utamanya pada wilayah di sekitar katulistiwa. Dalam hal ini, perkotaan selalu cenderung lebih tinggi dibandingkan kawasan *suburban*. Hal ini menjadi alasan mengapa kawasan perkotaan perlu mendapat perhatian lebih. Geliat aktivitas kota menjadi sebab lebih tingginya rerata derajat panas udara dibanding kawasan di luar kota. Beberapa sumber panas yang memicu tingginya suhu di perkotaan antara lain mobilitas kendaraan bermotor, aktivitas industri, rumah tangga dan berbagai aktivitas yang melibatkan pembakaran bahan bakar fosil. Aktivitas tersebut menjadi sebab munculnya fenomena *heat island* di perkotaan.

Konsentrasi penduduk di bagian wilayah kota tertentu ditambah dengan adanya industri dan perdagangan serta transportasi kota yang padat (Fandeli dkk, 2004), menyebabkan terjadinya *thermal pollution* yang kemudian membentuk pulau panas atau *heat island*. Terbentuknya pulau panas diperparah dengan adanya polusi panas yang berasal dari lalu lintas, *air conditioner* dan pembangkit tenaga listrik. Beberapa pulau panas biasanya dapat ditemukan dalam suatu kota.

Sinar matahari yang dipancarkan ke permukaan bumi mengalami proses *refleksi*, *transmisi* dan *absorpsi*. Pulau panas pada umumnya terdapat pada bagian wilayah kota yang tidak bervegetasi, karena ketiga proses tersebut saling bersinergi dalam meningkatkan suhu udara (Grey dan Deneke dalam Fandeli dkk., 2004). Jalan aspal, *paving*, tembok dan atap gedung, merupakan sebagian contoh dari

permukaan kota yang berpotensi menaikkan suhu udara melalui refleksi, transmisi dan absorpsi radiasi matahari. Lain halnya vegetasi, ia merupakan absorban radiasi matahari yang efektif. Proses ini terkait dengan proses *fotosintesis* yang akan diuraikan pada sub bab tersendiri.

4.2.2. Arah dan Kecepatan Angin

Angin ialah gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Udara bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Angin diberi nama sesuai dengan dari arah mana angin datang, misalnya angin Timur adalah angin yang datang dari arah Timur, angin laut adalah angin yang bertiup dari laut ke darat, dan angin lembah adalah angin yang datang dari lembah menaiki pegunungan. Karena arah angin selalu berubah-ubah maka dalam klimatologi delapan penjuru angin mempunyai jangka derajat sebagai berikut (Tjahyono, 2004):

Utara	: 337,5° – 22,5°
Timur Laut	: 22,5° – 67,5°
Timur	: 67,5° – 112,5°
Tenggara	: 112,5° – 157,5°
Selatan	: 157,5° – 202,5°
Barat Daya	: 202,5° – 247,5°
Barat	: 247,5° – 292,5°
Barat Laut	: 292,5° – 337,5°

Berdasarkan pembagian derajat arah angin tersebut, posisi titik-titik sampel pengukuran pada penelitian ini berada pada arah Tenggara dari pohon. Rinciannya sebagai berikut:

- Titik Uc, V_{30c}, dan V_{10c} berada pada arah 157,5°
- Titik Ub, V_{30b}, dan V_{10b} berada pada arah 135,5°
- Titik Ua, V_{30a}, dan V_{10a} berada pada arah 112,5°

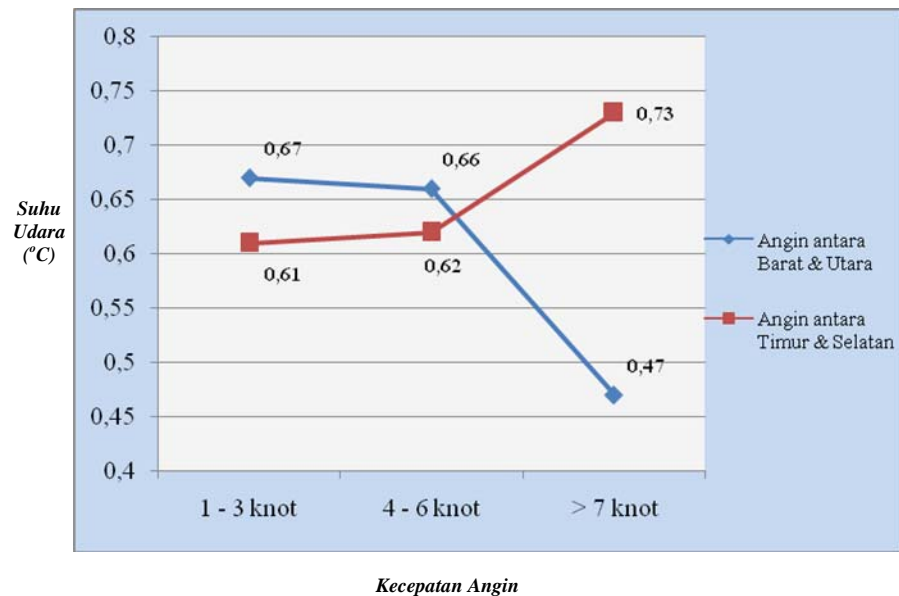
Data rekapitulasi hasil pengukuran angin seperti diperlihatkan dalam Tabel 5, jarak jangkau efek pendinginan suhu udara oleh pohon dipengaruhi oleh arah dan kecepatan angin. Makin kencang angin yang bertiup dari arah antara Barat dan Utara menyebabkan jarak efek pendinginan suhu yang lebih jauh. Sebaliknya, bila angin bertiup semakin kencang dari arah antara Timur dan Selatan mengurangi jarak jangkau efek pendinginan suhu.

Pengaruh arah dan kecepatan terhadap efek vegetasi dalam mengendalikan kenaikan suhu udara seperti ditunjukkan dalam Tabel 5 dapat dirinci sebagai berikut:

- a. *Pertama*, angin dari arah pohon ke arah luar. Angin ini bertiup dari arah pohon ke area pengukuran, yaitu dari arah antara Barat dan Utara ($247,5^{\circ} - 22,5^{\circ}$). Semakin kencang angin ini bertiup menyebabkan perbedaan rerata suhu antara titik pusat *canopy* (P) dengan V_{30} semakin kecil. Kecepatan angin antara 1 – 3 knot menyebabkan perbedaan antara kedua titik sebesar $0,67^{\circ}\text{C}$, dan kecepatan antara 4 – 6 knot menyebabkan perbedaan antara kedua titik sebesar $0,66^{\circ}\text{C}$, dan perbedaan suhu pada kecepatan ≥ 7 knot hanya sebesar $0,46^{\circ}\text{C}$.
- b. *Kedua*, angin bertiup dari luar ke arah pohon. Angin ini bertiup dari arah area pengukuran ke arah pohon, yaitu dari arah antara Timur dan Selatan ($67,5^{\circ}$ dan $202,5^{\circ}$). Semakin tinggi kecepatan angin menyebabkan perbedaan rerata suhu antara titik P dengan titik V_{30} semakin besar. Kecepatan angin antara 1 – 3 knot menyebabkan perbedaan antara kedua titik sebesar $0,61^{\circ}\text{C}$, kecepatan antara 4 – 6 knot sebesar $0,62^{\circ}\text{C}$, dan pada kecepatan ≥ 7 knot sebesar $0,73^{\circ}\text{C}$.

Apabila dibandingkan antara dua arah angin yang berlawanan tersebut, pada kecepatan ≥ 7 knot selisihnya adalah $0,26^{\circ}\text{C}$. Kedua kondisi di atas dapat diestimasi ke dalam Gambar 7 pada halaman berikut.

Data empiris ini menunjukkan bahwa arah dan kecepatan angin adalah poin penting yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan penghijauan kota. Suatu wilayah yang sedang berkembang atau kawasan perkotaan umumnya memiliki data historis iklim yang memberikan informasi mengenai arah dan kecepatan angin dari tahun ke tahun. Guna perencanaan penghijauan sebagai *ameliorasi* iklim mikro, angka rerata dari dua indikator angin tersebut sangat diperlukan.



Gambar 7. Estimasi Distribusi Efek Vegetasi Pohon pada Dua Arah Angin (°C)

(Sumber: Olahan Data Primer, 2008)

Pada baris terakhir Tabel 5, ditunjukkan distribusi frekuensi arah dan kecepatan angin untuk kedua arah angin tersebut di atas. Data distribusi frekuensi arah dan kecepatan angin dapat digambarkan dalam diagram yang disebut *wind rose* (mawar angin). Sebuah mawar angin (Tjasyono, 2004) terdiri atas garis yang memancar dari pusat lingkaran dan menunjukkan arah dari mana angin bertiup. Panjang setiap garis menyatakan frekuensi angin dari arah tersebut.

Suatu rencana penghijauan kota harus dapat mengakomodir informasi iklim ini. Suatu wilayah memiliki pola aliran angin tertentu, di mana penyimpangan arah dari waktu-waktu relatif kecil. Distribusi frekuensi arah dan kecepatan angin diperlukan dalam penempatan posisi vegetasi pohon atau hutan kota. Dalam hal ini, yang diperlukan adalah data frekuensi arah dan kecepatan angin tahunan. Secara spesifik adalah pada musim kemarau. Angin yang memiliki frekuensi yang dominan menjadi acuan menempatkan vegetasi pohon pada posisi tepat.

Meskipun demikian, mawar angin belum cukup menggambarkan arah angin secara geografis. Sehingga diperlukan penggambaran berupa peta Daerah Aliran Angin (DAA) yang mampu menerangkan jalur lintasan angin kawasan perkotaan. Peta DAA sangat penting dalam perencanaan dan pemetaan persebaran vegetasi agar penghijauan kota yang dibangun benar-benar berfungsi sebagai *ameliorasi* iklim mikro.

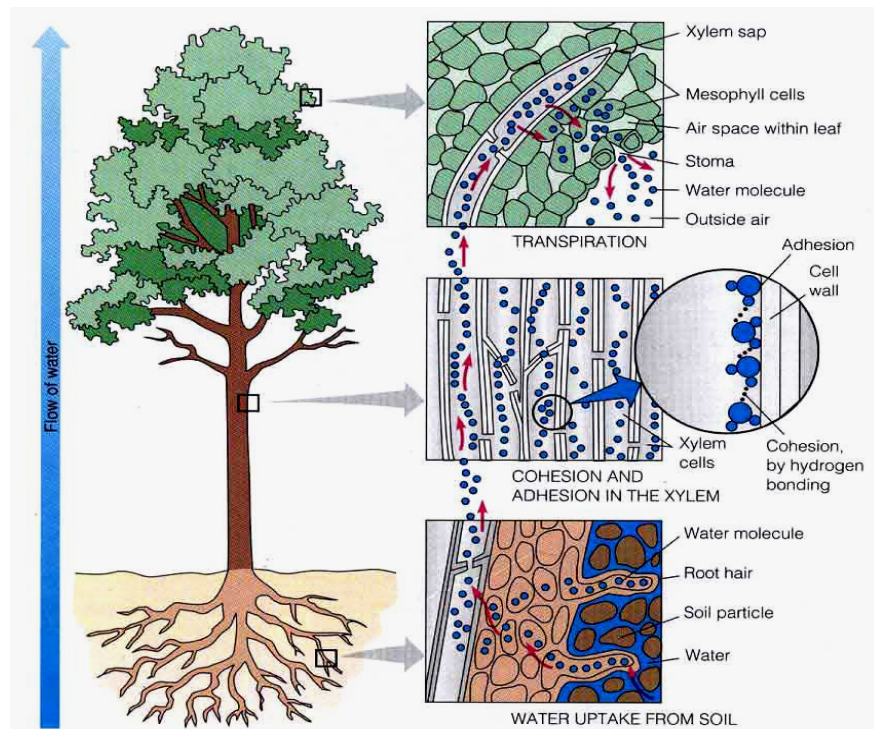
Proses distribusi panas (baik panas dari aktivitas kota maupun radiasi matahari) di permukaan bumi umumnya secara konveksi. Menurut Waryono dkk. (1987), *konveksi* adalah salah satu bentuk proses transfer panas di atmosfer. Konveksi yaitu transfer panas oleh gerakan benda yang dipanasi. Udara mempunyai sifat konvektif yang besar. Udara yang mendapat panas baik secara *radiasi* maupun *konduksi* akan mengembang dan bergerak naik, kemudian diganti oleh udara dingin yang bergerak turun. Transfer panas secara konveksi ini sangat penting artinya dalam penyebaran panas di atmosfer tidak hanya pada lapisan bawah tetapi sampai pada bagian atas *troposfer*. Jika gerakan panas itu secara mendatar disebut *adveksi*. Sedangkan jika gerakan panas itu tidak beraturan disebut *turbulensi*.

Arah dan kecepatan angin makro ikut menentukan distribusi panas udara mikro secara *adveksi*. Secara makro, pada siang hari didominasi oleh angin laut. Namun secara mikro mungkin berlainan

dengan arah tersebut, sebab *turbulensi* sangat mungkin terjadi. Angin terjadi karena perbedaan tekanan udara yang disebabkan oleh perbedaan massa udara. Perbedaan massa udara diakibatkan oleh perbedaan suhu. Pada daerah dengan udara yang panas akan lebih ringan dan memiliki tekanan yang lebih rendah.

4.2.3. Hubungan Vegetasi dan Suhu Udara

Vegetasi berfungsi sebagai *pengendali iklim* untuk kenyamanan manusia. Faktor iklim yang mempengaruhi kenyamanan manusia adalah *suhu*, radiasi sinar matahari, angin, kelembapan, suara dan aroma. Sebagai pengontrol radiasi sinar matahari dan suhu, vegetasi menyerap panas dari pancaran sinar matahari sehingga menurunkan suhu dan iklim mikro (Hakim dan Utomo, 2003).



Gambar 8. Proses Terjadinya Transpirasi

(Sumber: Campbell et al. 1999)

Gambar 8 menunjukkan aliran air dari akar ke daun, dan selanjutnya dilepaskan ke atmosfer melalui proses *transpirasi*. Aliran air ke daun secara terus menerus merupakan respon vegetasi terhadap pancaran panas radiasi matahari. Mekanisme ini memungkinkan tumbuhan bertahan hidup di bawah terik matahari. Proses *transpirasi* adalah rangkaian metabolisme fisiologis yang degannya daun tumbuhan dapat tetap segar dan berfotosintesis. Apabila air tanah tersedia dalam jumlah cukup, *transpirasi* akan terus berlangsung. Laju *transpirasi* akan terus meningkat seiring peningkatan intensitas cahaya matahari. Uap air yang dilepaskan vegetasi melalui *transpirasi* berperan dalam mendinginkan udara sekitarnya. Proses *transpirasi* berjalan secara simultan dengan proses *fotosintesis* sebagai mekanisme lain pendinginan suhu udara.

Proses fisiologis dalam tubuh tumbuhan memiliki hubungan timbal balik dengan iklim mikro. *Fotosintesis* adalah proses fisiologis yang ditentukan oleh energi radiasi matahari. Karena itu, reaksinya acap kali disebut reaksi *fotokimia*. Kelangsungan proses tersebut memerlukan dukungan radiasi matahari sebagai sumber energi. Absorpsi cahaya sebagai bagian dari proses *fotosintesis* terjadi dalam reaksi terang (*Reaksi Hill*). Radiasi matahari sebagai energi cahaya diserap dan diubah oleh tumbuhan menjadi energi kimia. Energi kimia inilah yang digunakan dalam mensintesis karbohidrat sebagai rangkaian proses *fotosintesis* yang disebut reaksi gelap (*Siklus Calvin*). *Reaksi terang* dan *reaksi gelap* terjadi secara simultan dan keduanya sebagai satu kesatuan proses *fotosintesis*.

Peningkatan suhu udara permukaan Bumi disebabkan oleh pancaran radiasi matahari. Selain itu, berbagai permukaan benda di permukaan Bumi memantulkan sebagian besar energi matahari yang diterimanya. Panas terdistribusi di atmosfer, khususnya ditroposfer Bumi. Kecuali permukaan vegetasi (baik vegetasi daratan maupun perairan), permukaan benda memantulkan radiasi matahari yang diterimanya. Paduan pancaran langsung radiasi matahari dan pantulan

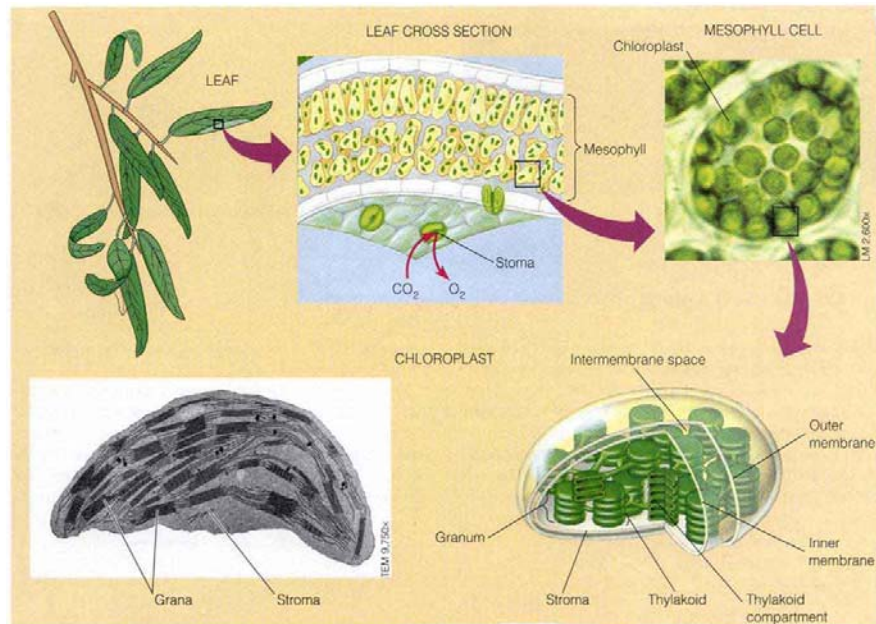
panas dari berbagai permukaan adalah penyebab hangatnya suhu Bumi.

Radiasi matahari yang diterima berbagai permukaan secara keseluruhan dipantulkan kembali ke luar angkasa. Namun, keberadaan lapisan gas rumah kaca (GRK) menahan pantulan tersebut. Sebagian besar radiasi pantulan tersebut tidak dapat menembus lapisan GRK, dan terperangkap di atmosfer Bumi. Fenomena ini menyebabkan terus meningkatnya suhu udara rata-rata permukaan Bumi dari tahun ke tahun, seiring peningkatan komposisi dan konsentrasi GRK. Gejala ini akrab disebut pemanasan global (*global warming*).

Jumlah radiasi matahari yang dipantulkan dapat direduksi oleh vegetasi. Keberadaan vegetasi sebagai komponen lingkungan biotik mampu menyerap radiasi matahari. Radiasi matahari diserap oleh vegetasi dalam suatu mekanisme fisiologis untuk kelangsungan hidupnya. Mengenai proses absorpsi radiasi matahari oleh vegetasi telah dijelaskan sebelumnya.

Efek dari metabolisme yang memerlukan panas tersebut menyebabkan terjadinya pendinginan suhu udara di sekitar vegetasi. Meningkatnya intensitas radiasi matahari akan memacu laju *fotosintesis*. Efeknya berupa pendinginan suhu udara sekitar vegetasi. *Delta* pendinginan suhu (Δt) kian tinggi seiring dengan bertambahnya laju proses *fotosintesis* sampai pada batas tertentu. Batas tertentu dimaksud bergantung pada batas maksimal suhu udara dimana metabolisme tumbuhan masih dapat berlangsung.

Klorofil adalah unsur spesifik pada tumbuhan sebagai tempat berlangsungnya *fotosintesis*. Pada Gambar 9 berikut ini, ditunjukkan bagian-bagian dari *kloroplas* sebagai tempat terjadinya proses *fotosintesis*. Campbell *et al.* (2002) menyebutkan bahwa, reaksi terang terjadi di dalam *granum* dan reaksi gelap terjadi pada *stroma*.



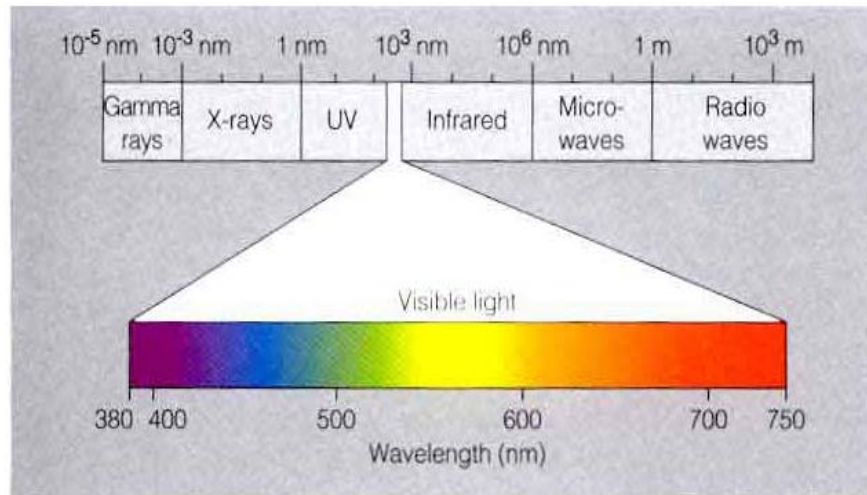
Gambar 9. Lokasi Proses Fotosintesis dan Struktur Kloroplast

(Sumber: Campbell et al. 1999)

Granum dalam *kloroplas* (butir klorofil) berperan sebagai *absorban* radiasi matahari. *Granum* menyerap radiasi matahari pada *spektrum* tertentu. Proses ini disebut reaksi terang karena terjadi di bawah pengaruh cahaya matahari. Pada tahap inilah terjadi pemecahan molekul air (H₂O), reduksi NADP⁺ menjadi NADPH, *fotoposporilasi* (pembentukan ATP), serta pelepasan O₂ ke atmosfer. NADPH dan ATP adalah bentuk energi kimia yang dihasilkan reaksi terang. Energi kimia inilah yang digunakan pada reaksi gelap, dimana terjadi sintesis karbohidrat.

Efek pendinginan terjadi karena adanya absorpsi panas (radiasi matahari) sehingga sering disitilahkan *endothermis* (menyerap panas). Berbeda halnya dengan proses *respirasi* yang sifatnya adalah reaksi *eksothermis*. Respirasi adalah reaksi balik dari proses *fotosintesis*, dimana terjadi absorpsi O₂ (*oksigen*) dan pelepasan CO₂ (*carbon dioksida*). Respirasi merupakan reaksi *oksidasi*.

Segmen *spektrum elektromagnetik* yang paling penting di sini (Campbell *et al.* 2002) adalah pita sempit yang panjang gelombangnya berkisar antara kira-kira 380 hingga 750 nm. Radiasi ini dikenal sebagai *cahaya tampak*, karena terdeteksi oleh mata manusia sebagai bermacam-macam warna.



Gambar 10. Spektrum Elektromagnetik. Cahaya Tampak Menggerakkan Fotosintesis
(Sumber: Campbell *et al.* 1999)

Efek pendinginan vegetasi terhadap udara sekitarnya amat penting apabila dikaitkan dengan fenomena pulau panas (*heat island*). Penempatan vegetasi pada kawasan sumber panas sangat tepat sebagai upaya menekan terbentuknya pulau panas. Vegetasi yang dipelihara sebagai tanaman pedistrian jalan mempunyai fungsi strategis menekan timbulnya pulau panas. Fungsi ekologis ini penting untuk menjadi dasar pertimbangan penghijauan kota, selain fungsi estetik. Menurut Fandeli dkk. (2004), pulau panas dapat dikurangi dengan menanam pohon pada kawasan sumber polusi panas. Pulau panas biasanya terdapat pada areal yang tidak bervegetasi.

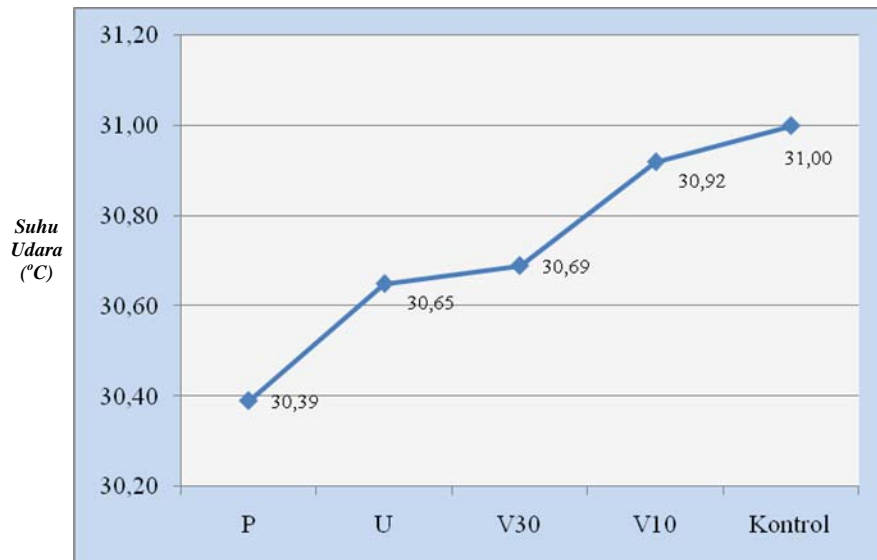
4.2.4. Jarak Jangkau Efek Pendinginan Suhu

Efek pendinginan suhu udara oleh vegetasi adalah pengetahuan yang sudah lazim bagi kita. Namun informasi mengenai berapa jarak jangkauan efektif dari efek pendinginan tersebut belum terungkap secara baik. Sejauh ini, belum ada hasil penelitian atau kajian yang spesifik mengenai hal ini.

Rerata hasil pengukuran suhu udara selama 20 hari (tabel 1) diilustrasikan dengan grafik pada Gambar 6 berikut. Visualisasi grafik ini sesuai dengan yang dinyatakan Fandeli dkk. (2004), bahwa secara gradual dari pohon ke arah luar terdapat suhu udara yang semakin panas.

Informasi yang hendak dikaji di sini adalah jarak jangkauan efek pendinginan udara oleh keberadaan pohon. Berdasarkan pada hasil Uji *Anova* yang kemudian dianalisis dengan Uji Lanjut *Bonferroni*, rerata dari pengukuran selama 20 hari menunjukkan suhu udara pada jarak 24 meter (V_{10}) berbeda secara signifikan dengan pusat *canopy*. Kedua uji tersebut digunakan pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha_{0,05}$). Perbedaan rerata (*mean*) suhu udara antara kedua titik berkisar dari 0,40°C sampai 1,44°C. Bahkan pada empat hari pengukuran, suhu udara pada titik V_{10} berbeda signifikan ($\alpha_{0,05}$) dengan di bawah tajuk (U).

Jarak tersebut merupakan *estimasi* dari persentase luas penutupan *canopy*. Dimana jarak 12 m (V_{30}) mewakili kawasan dengan 30 % penutupan vegetasi, dan jarak 24 m (V_{10}) mewakili kawasan dengan 10 % luas penutupan vegetasi pohon.



Titik Pengukuran

(P= pusat *canopy*; U= ujung *canopy*, 8 m dari P; V₃₀= area dengan persentase penutupan vegetasi 30%, 12 m dari P; V₁₀= area dengan persentase penutupan vegetasi 30%, 24 m dari P)

Gambar 11. Suhu Udara Berdasarkan Jarak dari Pusat *Canopy*
(Sumber: *Olahan Data Primer, 2008*)

Rerata penurunan suhu dalam setiap perbedaan jarak (Δd) dihitung berdasarkan rerata Δt . Dalam Tabel 3 tampak selisih suhu udara (Δt) antara titik pengukuran ke arah luar. Selisih suhu udara antara titik P dengan titik U yang berjarak 8 m sebesar 0,26 °C; antara titik U dengan titik V₃₀ yang berjarak 4 m adalah 0,04 °C; antara titik V₃₀ titik dengan V₁₀ yang berjarak 12 m sebesar 0,22 °C; dan antara titik V₁₀ titik dengan titik *Kontrol* yang berjarak 26 m sebesar 0,09 °C. Bila masing-masing Δt tersebut dibagi dengan jaraknya dari P, diperoleh angka rerata penurunan suhu setiap meternya seperti ditunjukkan pada kolom 4 Tabel 7 berikut ini:

Tabel 7. Perbedaan Suhu Udara (°C) antara Pusat *Canopy* (P) dengan Area Penutupan Vegetasi 30% (V₃₀) berdasarkan Arah dan Kecepatan Angin.

Selang Jarak Titik Pengukuran	Δt (°C)	Δd (m)	$\Delta t/\Delta d$ (°C/m)
1	2	3	4

P ke U	0,26	8	0,03
U ke V ₃₀	0,04	4	0,01
V ₃₀ ke V ₁₀	0,22	12	0,02
V ₃₀ ke Kontrol	0,09	26	0,00

Sumber: *Olahan Data Primer (2008)*

Angka-angka pada kolom 4 memberikan gambaran besarnya penekanan kenaikan suhu udara oleh vegetasi pada setiap satu meter ke arah luar. Pada area di bawah *canopy* hingga di bawah ujung tajuk, terjadi kenaikan suhu rerata 0,03°C/m. Tetapi laju kenaikan suhu udara antara U dan V₃₀ menurun hanya 0,01°C/m. Laju kenaikan suhu udara kembali meningkat pada area antara V₃₀ dan V₁₀, sebesar 0,02°C.

Terdapat dua kondisi: *pertama*, bahwa pada area antara U dan V₃₀ efek vegetasi masih efektif menekan kenaikan suhu udara; *kedua*, pada area antara V₃₀ dan V₁₀ efek vegetasi dalam menekan kenaikan suhu udara semakin kecil. Bahkan pada area antara V₁₀ dan kontrol sudah tidak terjadi penurunan suhu udara. Suhu udara pada kedua titik relatif sama. Estimasi dari kondisi tersebut diilustrasikan dengan Gambar 11.

4.2.5. Analisis Luas Hutan Kota

Penting dipikirkan bahwa keputusan untuk membangun vegetasi kota harus mampu mewujudkan kenyamanan iklim mikro secara merata di seluruh penjuru kota. Sehingga masalah suhu tinggi atau pulau panas di perkotaan dapat ditekan. Tidak sekedar menyejukkan

kawasan taman kota atau hutan kota. Sepantasnya apabila pemerintah kota memandang masalah suhu panas sebagai dasar penetapan luas dan persebaran vegetasi. Tentunya harus didukung oleh informasi atau kajian akan hal tersebut.

Beberapa pakar mengemukakan bahwa luas hutan kota yang harus dibangun ditetapkan menurut (Dahlan, 1992):

- a) *Pertama*, persentase dari luas kota. Ada yang menyatakan 10%, 20%, 25%, 30%, 40%, 50% bahkan ada yang menetapkan 60%.
- b) *Kedua*, dihitung berdasarkan jumlah penduduk. Luasan hutan kota di Malaysia ditetapkan sebesar 1,9 m²/penduduk, sedangkan di Jepang sebesar 5,0 m²/penduduk (Tong Yiew, 1991). Dewan kota Lancashire Inggris menentukan 11,5 m²/penduduk dan Amerika 60 m²/penduduk. Sedangkan di DKI Jakarta, taman untuk bermain dan berolahraga diusulkan 1,5 m²/penduduk (Rifai, 1981).
- c) *Ketiga*, berdasarkan isu penting. Luas hutan kota yang harus dibangun pada kota yang memiliki masalah kekurangan air bersih, dapat ditetapkan berdasarkan pemenuhan kebutuhan akan air, pemenuhan oksigen.

Jika memakai penggolongan tersebut, hasil penelitian penulis termasuk pada pendekatan pertama, yaitu menurut persentase luas kota. Telah dikemukakan pada sub-bab sebelumnya, bahwa hasil penelitian ini menunjukkan persentase penutupan vegetasi pohon yang dibutuhkan adalah 30 % dari luas kota.

Sebagaimana yang dirangkum Dahlan (1992) di atas, bahwa di antara pendekatan penetapan luas penghijauan atau hutan kota adalah persentase dari luas kota. Namun angka-angka yang dicontohkannya sangat beragam, mulai 10%, 20%, 25%, 30%, 40%, 50% hingga 60%. Tampaknya bahwa angka-angka persen tersebut sifatnya prediktif situasional yang diakomodir dalam kebijakan pemerintah setempat.

Peraturan Pemerintah No. 63 tahun 2002 tentang Hutan Kota, Pasal 8 ayat (3) mengatur *persentase luas hutan kota paling sedikit 10 % (sepuluh per seratus) dari wilayah perkotaan dan atau disesuaikan dengan kondisi setempat*. Di sisi lain, Undang-undang No. 26 tahun 2007 tentang Tata Ruang, Pasal 29 ayat (2) mengatur *proporsi ruang terbuka hijau pada wilayah kota paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari luas wilayah kota; dan ayat (3), proporsi ruang terbuka hijau publik pada wilayah kota paling sedikit 20 (dua puluh) persen dari luas wilayah kota*.

Apabila dicermati, baik PP 63 tahun 2002 maupun UU 26 tahun 2007 mengatur secara fleksibel penetapan luas hutan kota atau ruang terbuka hijau (RTH). Hanya saja batas minimal dari keduanya yang berbeda, PP 63 tahun 2002 ditetapkan minimal 10 % dan UU 26 tahun 2007 ditetapkan minimal 30 % atau 20 %. Dengan demikian, pemerintah kota memiliki kekuatan hukum untuk menetapkan luas hutan kota atau vegetasi pada luasan minimal. Kondisi ini sangat mungkin terjadi apabila pemerintah kota kurang peduli dengan peningkatan kualitas lingkungannya.

Berdasar penelitian penulis, apabila kehadiran vegetasi pohon dibutuhkan sebagai *ameliorasi* suhu udara, maka pemerintah kota berkepentingan mengalokasikan lahan minimal 30 % dari luas kota. Disebutkan dalam Pasal 12 ayat (3) PP 63 tahun 2002, bahwa hasil kajian aspek ekologis merupakan salah satu dasar yang digunakan dalam penyusunan rencana pembangunan hutan kota.

Sebagai catatan tambahan, bahwa peran vegetasi pohon sebagai *ameliorasi* suhu udara lebih ditentukan oleh luas penutupan tajuk dibandingkan dengan tinggi pohon atau jumlah pohonnya. Dalam hal ini, dibutuhkan pohon dengan struktur percabangan yang rapat, dahan yang kuat, canopy yang lebar, serta persebaran daun yang padat. Pohon dengan kriteria demikian relevan untuk direkomendasikan. Paling penting bahwa penutupan vegetasi harus memenuhi penutupan areal 30 % dari luas kota. Hakim dan Utomo (2003) menuliskan, untuk daerah tropik, temperatur di siang hari relatif cukup panas. Untuk mendapatkan iklim mikro yang sejuk maka perlu ditempatkan **pohon peneduh dengan tajuk melebar.**

4.2.6. Analisis Penempatan Vegetasi

Guna efektivitas vegetasi sebagai *ameliorasi* suhu udara dan iklim mikro belum cukup jika hanya sebatas menetapkan 30 % dari luas kota. Persoalan penting berikutnya adalah penempatan vegetasi pada posisi yang tepat.

Dalam Undang-undang No. 24 tahun 1997 Pasal 30 disebutkan, *distribusi ruang terbuka hijau publik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 29 ayat (1) dan ayat (3) disesuaikan dengan sebaran penduduk dan hierarki pelayanan dengan memperhatikan rencana struktur dan pola ruang.*

Kata yang hendak penulis garis bawahi adalah 'pola ruang'. Seperti telah disebutkan pada sub-bab sebelumnya, bahwa pemetaan DAA adalah penting. Pola aliran angin di sebuah kota sesungguhnya dapat digambarkan berdasarkan data angin dari tahun ke tahun yang ada pada stasiun klimatologi setempat. DAA dijadikan dasar dalam penempatan RTH di sebuah kota. Penempatan hutan kota memperhatikan pola aliran angin makro. Sementara penempatan dan pengaturan vegetasi pada suatu *kawasan tertentu* dalam kota memperhatikan pola aliran angin mikro.

Kawasan tertentu yang penulis maksudkan di antaranya disebutkan dalam PP 63 tahun 2002. Penempatan hutan kota atau pengaturan vegetasi harus disesuaikan dengan kawasan yang dihijaukan. Dalam Pasal 14 ayat (2), membedakan tipe hutan kota berdasarkan kawasan penggunaan ruang:

- a. tipe kawasan pemukiman;
- b. tipe kawasan industri;
- c. tipe rekreasi;
- d. tipe pelestarian plasma nutfah;
- e. tipe perlindungan; dan
- f. tipe pengamanan.

Mengingat bahwa kondisi yang diinginkan dengan keberadaan pohon adalah kenyamanan dengan kesejukan udara. Diharapkan terciptanya pulau sejuk diseluruh penjuru kota, dan menekan terbentuknya pulau panas di ruang terbuka publik.

Satu hal yang harus selalu diingat, bahwa secara umum seluruh wilayah kota berpotensi terjadinya pulau panas. Dengan demikian, semua sudut kota memerlukan kehadiran vegetasi. Setelah diperoleh angka 30 % sebagai luas vegetasi kota. Langkah berikutnya adalah menata persebaran vegetasi agar mampu mengendalikan suhu udara pada luasan 70 % yang tak bervegetasi. Sehingga, langkah awal

dalam menata persebaran vegetasi adalah mengidentifikasi kawasan yang paling berpotensi menimbulkan pulau panas. Kawasan industri, tempat yang sibuk dikunjungi warga kota, jalan-jalan utama dan jalan yang berpotensi mengalami kemacetan, kawasan perumahan, dan sebagainya adalah titik atau jalur yang harus disertai vegetasi.

Diharapkan bahwa angka 30 % disebar secara merata memenuhi ruang-ruang kota yang berpotensi timbulnya pulau panas. Angka 30 % bukan angka target yang harus dicapai. Sehingga tidak diharapkan apabila vegetasi seluas 30 % hanya dibangun pada satu atau dua areal tertentu dalam satu hamparan yang kompak.

PP 63 tahun 2002 Pasal 15 ayat (2), menawarkan bentuk-bentuk hutan kota, yaitu: jalur, mengelompok, atau menyebar. Lalu diatur dalam Pasal 8 ayat (2), luas hutan kota dalam satu hamparan yang kompak paling sedikit 0,25 (*dua puluh lima per seratus*) hektar.

Kaitannya Pasal 15 ayat (2), untuk keperluan *ameliorasi* iklim mikro, sebaiknya menekankan pada bentuk jalur dan menyebar dan menghindari bentuk mengelompok. Jika bentuk mengelompok tersebut berada dalam satu hamparan kompak yang luas, tentu hal ini tidak efektif dan efisien. Tidak efektif karena tidak mengayomi seluruh penjurukota, dan tidak efisien karena sebagian vegetasi tidak berperan maksimal mendinginkan areal di luarnya.

Pendinginan suhu ke area luar bukan merupakan efek seluruh vegetasi dalam komunitas itu. Namun yang berperan maksimal adalah vegetasi terluar, dan peran tersebut semakin berkurang ke arah dalam. Pada akhirnya, vegetasi pada bagian tengah komunitas tidak memiliki andil terhadap pendinginan suhu pada areal tak bervegetasi.

Namun, berapa sesungguhnya luas maksimal komunitas pohon atau hutan kota agar *efisien*. Efisiensi harus menjadi pertimbangan mengingat *semeter* lahan di perkotaan begitu bermakna. Dengan demikian, perlu pembatasan luas maksimal apabila vegetasi ditata dalam bentuk *mengelompok*. Berkaitan dengan hal ini, perlu penyesuaian dalam menjabarkan Pasal 8 ayat (2) PP 63 tahun 2002. Ayat ini mengatur luas hutan kota dalam satu hamparan yang kompak

paling sedikit 0,25 hektar. Misalnya, mengarahkan pada bentuk memanjang, bukan terpusat secara simetris.

Dalam merencanakan persebaran vegetasi, arah angin harus menjadi pertimbangan. Penempatan vegetasi khususnya yang berbentuk jalur dan mengelompok diarahkan penempatannya pada sisi datangnya angin, bukan sebaliknya. Seperti telah diuraikan pada sub bab 4.2.2, arah dan kecepatan angin menentukan jarak jangkauan pendinginan suhu oleh vegetasi. Peta Daerah Aliran Angin (DAA) sangat membantu dalam hal ini. Sangat penting mempertimbangkan DAA dalam perencanaan persebaran vegetasi agar penghijauan kota lebih efektif berfungsi sebagai *ameliorasi* iklim mikro.

4.2.7. Vegetasi dalam Penataan Ruang Kota

Tata ruang dan lingkungan hidup mengandung arti yang sangat luas, tetapi sekaligus juga sering punya konotasi sempit terbatas pada perencanaan dan perancangan fisik semata-mata (Eko Budihardjo, (1997). Unsur fisik yang kaku dan unsur vegetasi yang dinamis seyogianya terintegrasi dalam rencana tata ruang kota.

Sudah lazim dalam perancangan kota, unsur vegetasi menjadi bagian utuh dari perspektif sebuah bangunan fisik. Vegetasi berperan sebagai elemen elastis yang mampu menetralkan kakunya struktur bangunan fisik. Seiring dengan tumbuhnya kesadaran akan makna kualitas lingkungan, kebutuhan terhadap kehadiran vegetasi tidak sekedar fungsi *estetis*, tetapi lebih pada fungsi *ekologis*. Unsur vegetasi bukan sekedar pelengkap dalam suatu tata ruang kota. Lebih dari itu, vegetasi dapat memiliki multi-fungsi, yaitu *ekologis*, *estetis*, *ekonomis*, dan *sosiologis*.

Hakim dan Utomo (2003) mengemukakan bahwa kota yang baik seyogianya dapat menyajikan kebutuhan yang berhubungan dengan kenyamanan dan kualitas lingkungan pada tingkat kewajaran sesuai dengan standar hidup sehat bagi warga kota. Pendapat ini sejalan dengan pandangan Carr dkk (1992) dalam Subroto (2005) bahwa ruang publik seharusnya

memenuhi 3 (tiga) syarat utama yaitu harus mampu berperan sebagai ruang yang responsif: kenyamanan (*responsive space*), demokratis: melindungi hak publik (*democratic space*) dan bermakna: memiliki konsep (*meaningfull space*).

UU No. 26 tahun 2007 tentang Tata Ruang telah mengakomodir aspek lingkungan hidup, antara lain alokasi ruang terbuka hijau. Hal ini diatur dalam pasal 28, 29 dan 30. Langkah selanjutnya, mendukung penerapannya pada ditingkat operasional. Dengan demikian, dibutuhkan pertimbangan teknis secara kontekstual yang menjamin realisasinya di lapangan. Penjabaran RTH pada tingkat operasional sangat rawan mengalami inkonsistensi apabila tidak dilandasi rincian perencanaan yang matang.

Penataan RTH harus benar-benar memenuhi kebutuhan akan lingkungan yang berkualitas. RTH harus maksimal berfungsi sebagai *ameliorasi* iklim mikro, khususnya suhu udara. Sehingga berperan sebagai tempat yang nyaman untuk bersantai sembari menghirup udara segar, *refreshing* selepas bekerja, melepas penat atau tempat menemukan inspirasi baru. Hakim dan Utomo (2003) mengatakan, penataan ruang terbuka hijau (RTH) secara tepat akan mampu berperan meningkatkan kualitas atmosfer kota, penyegaran udara, menurunkan suhu kota, menyapu debu permukaan kota, menurunkan kadar polusi udara, dan meredam kebisingan. Pada umumnya RTH didominasi oleh vegetasi, dimana unsur ini banyak berpengaruh terhadap kualitas udara kota. Vegetasi dapat menciptakan iklim mikro, yaitu adanya penurunan suhu sekitar, kelembapan yang cukup dan kadar O₂ yang bertambah. Hal ini dikarenakan adanya proses *asimilasi* dan *evapotranspirasi* dari vegetasi.

Fungsi penetralisir suhu panas dengan keberadaan vegetasi dapat dioptimalkan dengan penempatannya yang tepat. Kawasan yang berpotensi membentuk pulau panas harus mendapat perhatian ekstra. Pada kawasan perkantoran dan pemukiman dibangun *sabuk hijau* yang menjadi perantara dengan kawasan perdagangan dan industri. Suhu udara yang cenderung lebih panas pada kawasan dagang dan kawasan pabrik atau industri akan mengalami pendinginan

BAB V P E N U T U P

5.1. Kesimpulan

Bagi kepentingan operasional, generalisasi hasil penelitian ini memerlukan pertimbangan jenis tanaman. Tanaman indikator pada penelitian ini adalah Beringin (*Ficus Benjamina L.*), sehingga kesimpulan berikut spesifik untuk pohon Beringin, meskipun masih *akuntable* bagi jenis tanaman yang morfologis dan fisiologisnya mendekati Beringin.

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini sebagai berikut:

5.1.1. Luas penutupan *canopy* menentukan jarak jangkau efek vegetasi pohon dalam mengendalikan kenaikan suhu udara sekitarnya

Hasil *Anova* pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha_{0,05}$) menunjukkan adanya signifikansi perbedaan suhu udara antar titik pengukuran. Uji lanjut dengan metode *Bonferroni* pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha_{0,05}$) menghasilkan perbedaan signifikan rerata suhu udara antara pusat *canopy* (P) dengan titik V_{10} . Area V_{10} mewakili kota dengan penutupan vegetasi 10 %. Hasil ini menunjukkan bahwa luas 10 % penutupan vegetasi pohon atau hutan kota dengan Beringin (*Ficus Benjamina L.*) sebagai indikator, belum memadai sebagai *ameliorasi* iklim mikro, khususnya suhu udara.

Hasil pengontrolan suhu udara pada area bebas vegetasi (50 m dari P) mendukung kesimpulan ini. Suhu kontrol menunjukkan suhu udara yang relatif sama dengan titik V_{10} . Rerata selisih suhunya (Δt) dengan titik V_{10} adalah 0,09°C. Hal ini cukup mengindikasikan bahwa pada titik V_{10} (24 m dari P), efek vegetasi terhadap penurunan suhu udara relatif sedikit. Dengan demikian, luas 10% penutupan *canopy* pohon (Beringin) tidak mampu mengendalikan kenaikan suhu udara seluruh areal 90% yang tidak bervegetasi.

5.1.2. Persentase luas penutupan vegetasi atau hutan kota yang mampu menekan kenaikan suhu udara adalah 30%

Uji Bonferroni pada tingkat kepercayaan 95 % ($\alpha_{0,05}$), menghasilkan perbedaan rerata suhu udara antara pusat *canopy* (P) tidak signifikan dengan titik V₃₀ (12 m dari P). Area V₃₀ mewakili kota dengan penutupan vegetasi 30%. Demikian halnya antara P dengan titik U (di bawah ujung *canopy*) menunjukkan perbedaan rerata suhu udara yang tidak signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa luas 30 % penutupan vegetasi pohon atau hutan kota dengan Beringin (*Ficus Benjamina* L.) sebagai indikator, efektif sebagai *amliorasi* iklim mikro atau mampu menekan kenaikan suhu udara di perkotaan. Area tak bervegetasi seluas 70% dapat dijangkau oleh efek pendinginan suhu oleh vegetasi.

5.1.3. **Arah dan kecepatan angin mempengaruhi jarak jangkauan efek vegetasi terhadap pendinginan udara**

Angin yang bertiup dari arah pohon ke arah luar membantu distribusi udara dingin. Kecepatan angin pada skala ≥ 7 knot dapat menyebabkan selisih suhu udara sebesar 0,26°C antara dua arah angin yang berlawanan, yaitu angin yang bertiup menuju pohon dan yang bertiup keluar dari arah pohon (Beringin sebagai indikator).

Arah dan kecepatan angin menjadi satu faktor yang penting dipertimbangkan dalam penghijauan kota. Menempatkan vegetasi pohon pada posisi yang tepat akan mendukung efektivitasnya dalam mengendalikan kenaikan suhu udara kota. Ruang 30 % yang diperuntukkan untuk vegetasi pohon atau hutan kota ditempatkan berdasarkan pertimbangan daerah aliran angin (DAA). Penempatannya diarahkan pada sisi kota atau kawasan dimana arah dominan datangnya angin pada musim kemarau. Penghijauan kawasan perumahan, perkantoran, kawasan industri, perbelanjaan, kampus, pesantren atau bahkan rumah tinggal, mesti arah angin yang dominan menjadi pertimbangan.

5.2. **Saran**

Berdasarkan kesimpulan di atas, agar menjadi bermanfaat bagi kepentingan publik, beberapa catatan penting menjadi rekomendasi atau saran operasional sebagai berikut:

5.2.1. **Bagi Pemerintah Kota**

Setiap kota perlu menyediakan ruang 30 % untuk pembangunan vegetasi pohon dalam Rencana Tata Ruangnya. Selanjutnya, Rencana Detail Tata Ruang Kota (RDTRK) merinci ruang 30 % yang diperuntukkan untuk pembangunan vegetasi pohon. Ruang ini harus benar-benar konsisten tumbuh menjadi areal bervegetasi pohon.

Ditimbang dari aspek ekonomi, regulasi ruang seluas 30 % untuk penghijauan merupakan pilihan yang sulit bagi pemerintah kota. Alokasi ruang 30 % akan dinilai tidak menguntungkan secara ekonomi. Tetapi perlu digaris bawahi bahwa kondisi ekologis yang berkualitas adalah dasar meletakkan perekonomian yang kokoh. Target-target pembangunan ekonomi jangka pendek harus ditopang oleh stabilitas ekologi jangka panjang. Kota tanpa taman, jalan tanpa pohon pedestrian, sungai tanpa pohon sempadan, atau membiarkan halaman kantor, tempat ibadah, sekolah, dan sebagainya terbuka tanpa pepohonan merupakan pemandangan yang tidak populer. Ruang-ruang tersebut memerlukan kehadiran vegetasi pohon. Menghadirkan pepohonan tentunya tidak harus mengabaikan aspek estetika, ekonomi dan keamanan.

Penelitian ini menyajikan bukti empiris bahwa penutupan vegetasi pohon dengan luas 10% belum memadai untuk fungsi *ameliorasi* iklim mikro, khususnya suhu udara.

Beberapa hal yang penting dilakukan pemerintah kota dalam mendukung penyelenggaraan penghijauan kota, antara lain:

a. Menetapkan Daftar Tanaman Penghijauan

Pemerintah kota perlu menetapkan daftar tanaman yang direkomendasikan untuk ditanam dan dipelihara sebagai pohon

penghijauan kota. Daftar tanaman tersebut dibuat dengan mempertimbangkan pemenuhan kriteria tertentu. Misalnya tanaman yang memiliki percabangan kuat, struktur tajuk dan susunan daun yang lebat, jangkauan penutupan *canopy* yang luas, tidak mudah gugur, efektif menyerap CO₂, partikel timbal, debu serta polutan lainnya.

Sebagai bahan pertimbangan, beberapa jenis tanaman yang direkomendasikan oleh Departemen Kehutanan sebagai tanaman penghijauan kota, seperti telah disebutkan dalam sub-bab **2.7. Jenis Pohon Penghijauan.**

b. Penegasan Instansi Penanggung Jawab

Pemerintah kota perlu mendelegasikan secara tegas kepada instansi teknis tertentu untuk mengelola pepohonan di perkotaan. Instansi ini bertanggung jawab terhadap konsistensi RTRWK yang telah menetapkan 30 % dari luas kota sebagai hutan kota atau vegetasi. Instansi yang ditunjuk melakukan pengelolaan vegetasi atau hutan kota dengan melakukan minimal sebagai berikut:

- 1) Membuat data basic mengenai kondisi awal vegetasi pohon dan hutan kota.
- 2) Menyiapkan perangkat aturan yang mendukung terealisasinya penghijauan kota, dengan luas minimal 30 % .
- 3) Membuat peta persebaran vegetasi yang terdapat di seluruh wilayah kota, termasuk individu pohon. Peta tersebut dilengkapi dengan data jenis pohon, umur pohon, status tanah tempat tumbuh, nama pemilik, bentuk penggunaan lahan, dan lainnya.
- 4) Menyusun Rencana Pembangunan dan Pemeliharaan Vegetasi dan Hutan Kota yang meliputi jangka panjang, menengah dan pendek.

- 5) Membuat peta kota yang menggambarkan lokasi yang telah, sedang dan akan dibangun vegetasi pohon atau hutan kota.
- 6) Memfasilitasi warga kota untuk mendapatkan kemudahan dalam melaksanakan penghijauan. Bentuk kegiatannya dapat berupa penyediaan Kebun Bibit dan bimbingan teknis.

c. Dukungan Teknis, Dana dan Administrasi

Memberikan dukungan penuh terhadap instansi teknis yang telah ditunjuk, mulai dari perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan dan pemantauan dan evaluasi penyelenggaraan penghijauan kota. Point penting bagi pemerintah kota adalah menetapkan aturan-aturan yang memayungi penyelenggaraan penghijauan kota.

5.2.2. Bagi Properti

Sektor properti adalah segmen pengguna ruang kota yang paling berpotensi menciptakan hunian hijau. Pengembang memiliki peluang membangun suatu kawasan pemukiman yang asri. Pengembang yang *visioner* tentu sudah membaca kecenderungan konsumennya yang kian membutuhkan eksistensi pepohonan. Pemenuhan lingkungan yang hijau menjadi bagian penting dalam pemasaran.

Umumnya pengembang sudah lazim memadukan aspek teknologi, estetik, dan bahkan ekonomi dalam kawasan yang dikembangkannya. Tetapi itu semua menjadi tidak sempurna tanpa dukungan aspek ekologis yang berkualitas. Konsumen semakin sadar akan pentingnya keberadaan pepohonan dengan fungsi ekologisnya.

Mewujudkan kawasan perumahan yang hijau akan lebih mudah apabila pengembang (*developer*) mempersikan RTH sejak tahap perencanaannya. Beberapa area yang tepat untuk alokasi penghijauan perumahan, antara lain: pedestrian jalan, taman bermain, halaman kantor

dan sekolah, pekarangan rumah. Taman bermain paling berpotensi dikembangkan untuk fungsi *ameliorasi* iklim mikro.

Secara keseluruhan, persentase penutupan vegetasi tidak kurang dari 30 % dari luas kawasan perumahan. Penempatan vegetasi atau pepohonan diupayakan pada arah yang dominan datangnya angin. Hal lain yang perlu dipikirkan pengembang adalah desain arsitektur bangunan yang ramah lingkungan. Kombinasi antara eksistensi pepohonan dengan bangunan yang ramah lingkungan mendukung optimalisasi kenyamanan sebuah hunian. Misalnya mengembangkan bangunan dengan desain jendela yang mempertimbangkan aliran udara. Pasangan engsel pada bagian tengah, sisi atas membuka ke luar dan sisi bawah membuka ke dalam. Desain ini memungkinkan aliran udara dingin dari pepohonan masuk ke dalam rumah. Sebaliknya, udara panas dari permukaan tanah tidak masuk ke dalam rumah.

5.2.3. **Bagi Perencana (*Planner*)**

Guna mendukung optimalisasi penghijauan kota sebagai *ameliorasi* iklim mikro, khususnya suhu udara, beberapa poin berikut ini penting dipertimbangkan perencana wilayah kota:

- a. Menyiapkan *Master Plan* kota yang memorsikan ruang yang cukup bagi terbangunnya hijauan (vegetasi) kota. Dalam hal ini, luas ruang untuk pembangunan hijauan kota tidak kurang dari 30%.
- b. Memperhatikan arah dan kecepatan angin dalam penempatan vegetasi pohon atau hutan kota. Kenyamanan udara sebuah hunian atau tempat kerja dapat dioptimalkan dengan penempatan vegetasi pada posisi yang tepat. Berkaitan hal ini, arah dan kecepatan angin tidak boleh diabaikan. Arah angin yang dominan harus dipertimbangkan. Jika suatu kawasan dominan diterpa angin Barat pada musim kemarau, maka pepohonan ditanam pada sisi bagian Barat dari persil. Keberadaan pohon di hulu aliran angin akan berfungsi sebagai *filter* udara panas. Suhu

panas diabsorpsi oleh *canopy* pohon dan aliran udara yang diteruskan ke bangunan mengalami pendinginan. Bangunan terhindar dari terpaan angin yang panas, dan sebaliknya udara terasa lebih sejuk.

- c. Merancang teknis penghijauan kota guna pencapaian penutupan vegetasi pohon minimal 30 %. Beberapa metode penghijauan kota yang telah berhasil dan efektif di negara lain penting dipertimbangkan. Di antaranya *green roof* di Jepang dan Jerman atau penghijauan vertikal di Malaysia.

5.2.4. Bagi Warga Kota

Dukungan warga sangat diperlukan sehingga pemerintah kota tidak berjalan sendiri dalam membangun vegetasi kota. Penghijauan pada ruang publik berupa hutan kota, taman kota, pohon pedestrian, sabuk sempadan sungai atau yang lainnya memang menjadi tanggung jawab pemerintah kota. Tetapi bagian lain dari kota yang berupa

ruang privat merupakan tanggung jawab warga kota. Keterpaduan antara usaha pemerintah dan warga kota menjadi prasyarat terwujudnya penghijauan kota yang menyeluruh. Terbangunnya vegetasi di seluruh penjuru kota menjadi mudah terealisasi.

Kondisi demikian mungkin tidak mudah terwujud apabila tidak difasilitasi melalui regulasi. Pemerintah kota perlu mengaturnya pada tingkat penggunaan persil. Pendekatannya dapat melalui penetapan Koefisien Dasar Bangunan (KDB) tidak melebihi 70 %. Dengan demikian, terdapat minimal 30 % luas permukaan persil yang terbuka atau bebas dari penutupan bangunan. Ruang terbuka ini lah yang diarahkan untuk ditanami dan dipelihara vegetasi pohon. Bentuknya dapat berupa gerombol maupun individu pohon. Namun, segmen yang harus menjadi penekanan adalah persentase penutupan *canopy*, dan bukan jumlah batang pohon. Sebagai ilustrasi bahwa

memelihara satu pohon Beringin lebih efektif sebagai ameliorasi iklim mikro dibandingkan tiga pohon Glodokan Tiang.

5.2.5. **Saran kajian lebih lanjut**

Beberapa aspek yang terkait penelitian ini masih memerlukan kajian lebih lanjut. Saran kajian berikut ini merupakan item yang sama pentingnya dengan hasil penelitian ini, karena akan saling memperkaya hasanah kajian seputar peran ekologis vegetasi pohon di perkotaan, yaitu:

- a. Perlu dilakukan kajian terhadap jenis-jenis tanaman lain yang bisa mewakili bentuk morfologi atau fisiologis tanaman tertentu. Beberapa jenis tanaman memiliki kesamaan morfologis dan fisiologis tetapi berbeda dengan jenis lainnya. Misalnya bentuk *canopy*, bentuk permukaan daun, atau kesesuaian *agroklimat*.
- b. Perlu dilakukan kajian komparasi jarak jangkauan efek vegetasi antara berbagai luas penutupan vegetasi pohon sebagai suatu komunitas yang kompak. Misalnya antara 0,1 ha, 0,25 ha, 0,5 ha dan 1 ha. Kajian ini berkaitan dengan upaya menemukan luas hutan kota yang paling efisien. Asumsinya adalah jika luas hutan kota melebihi luas optimal sebagai *ameliorasi* iklim mikro, maka pusat area tidak berperan terhadap daerah luar.

DAFTAR PUSTAKA

- Assa, M.C. 2007. *Stop Alih Fungsi (Kerusakan) Hutan!*. www.fjks-dpr.or.id. Diunduh 29 Oktober 2007.
- Bappenas. 2008. *Kebijakan Penanggulangan Kemiskinan Kota Semarang*. www.bappenas.go.id. Diunduh tanggal 29 Juni 2008.
- BMG – Badan Meteorologi dan Geofisika. 1986. *Data Klimatologi Jawa Tengah Tahun 1986*. Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Wilayah II, Stasiun Klimatologi, Semarang.
- BPN – Badan Pertanahan Nasional Kota Semarang. 2008. *Gambaran Umum Kota Semarang*. www.bpn-semarang.net. Diunduh 29 Juni 2008.
- BPPT – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2007. *Membangun Ecocity*. www.bppt.go.id. Diunduh 29 Oktober 2007.
- Budihardjo, E. 1997. *Tata Ruang Perkotaan*. Alumni, Bandung.
- Campbell, N.A., J.B. Reece dan L.G. Mitchell. 1999. *Biologi*. www.bima.ipb.ac.id. Diunduh 5 Juli 2008.
- Campbell, N.A., J.B. Reece dan L.G. Mitchell. 2002. *Biologi*. Terj. Lestari, R., E.I.M. Adil, N. Anita, Andri, W.F. Wibowo, dan W. Manalu. Erlangga, Jakarta.
- Dahlan, E.N. 1992. *Hutan Kota: Untuk Pengelolaan dan Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup*. Asosiasi Pengusaha Hutan Indonesia (APHI), Jakarta bekerja sama IPB, Bogor.
- Dephut – Departemen Kehutanan. 2007^a. *Hutan Kota untuk Pengelolaan dan Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup*. www.dephut.go.id. Diunduh 29 Oktober 2007.

- _____. 2007^b. *Pedoman Teknis Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan (GN-RHL/Gerhan)*.
- Dinata, A. dan Dephut. 2007. *Hutan Kota: Sebuah Wujud Pengendalian Pencemaran Udara?*. www.pribadi.or.id.
- Ditomo, P. 1968. *Ramalan Cuaca untuk Pertanian, Meteorologi dan Pertanian (Kumpulan Tulisan)*. Lembaga Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- Ellisa, E. 2007. Desain: “Atap Hijau di Belantara Beton Kota”, *Kompas*, Ed. Minggu 7 Oktober 2007.
- Fandeli, C., Kaharuddin dan Mukhlison. 2004. *Perhutanan Kota*, Cet. I. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hadi, Sudharto P. 2005. *Dimensi Lingkungan Perencanaan Pembangunan*, Cet. II. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hakim, R. dan H. Utomo. 2003. *Komponen Perancangan Arsitektur Lansekap: Prinsip, Unsur dan Aplikasi Desain*, Cet. I. Bumi Aksara, Jakarta.
- Haneda. 2004. *Hubungan Efek Rumah Kaca, Pemanasan Global dan Perubahan Iklim*. www.climatechange.go.id.
- Indriyanto. 2006. *Ekologi Hutran*, Cetakan I. Bumi Aksara, Jakarta.
- Iptek. 2008. *Tanaman Obat Indonesia: Beringin (Ficus benjamina L.)*. www.iptek.net.id. Diunduh 09 Juli 2008.
- Kartasapoetra, A.G. 2006. *Klimatologi: Pengaruh Iklim Terhadap Tanah dan Tanaman*, Ed. Revisi, Cet. II. Bumi Aksara, Jakarta.
- Khadiyanto, P. 2005. *Tata Ruang Berbasis pada Kesesuaian Lahan*. Cet. I. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Lakitan, B. 1997. *Dasar-dasar Klimatologi*, Cet. II. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- LPP – UNS. 2008. *Terminologi Akar*. www.lpp.uns.ac.id. Diunduh 09 Juli 2008.
- Murdiyarto, D. 2003. *Sepuluh Tahun Perjalanan Negosiasi Konvensi Perubahan Iklim*. Penerbit Buku Kompas, Jakarta.

- Pemkot – Pemerintah Kota Semarang. 2008. Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 5 Tahun 2004 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Semarang Tahun 2000 – 2010. www.semarang.go.id. Diunduh 17 Januari 2008.**
- Rimbowati. 2005. “Taman di Semarang dan Potensinya Sebagai Ruang Publik”, *Proceeding Seminar Nasional Peran Ruang Publik dalam Pengembangan Sektor Properti dan Kota*. Laboratorium Perencanaan Kota dan Pemukiman Universitas Diponegoro, Semarang.
- Salisbury, F.B. dan C.W. Ross. 1995. *Plant Physiology*, 4th ed. (terj.) Diah.R. Lukman dan Sumaryono, *Fisiologi Tumbuhan*, Jilid 2. Penerbit ITB, Bandung.
- Santosa, S. 2003. *Statistik Deskriptif: Konsep dan Aplikasi dengan Mikrosoft Excel dan SPSS*. Andi, Yogyakarta.
- Soedjono. 1968. *Persoalan Kekeringan di Lombok, Meteorologi dan Pertanian (kumpulan tulisan)*. Lembaga Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- Soedomo, M. 2001. *Kumpulan Karya Ilmiah Mengenai Pencemaran Udara*. ITB, Bandung.
- Subroto, T.Y.W. 2005. “Peran Ruang Publik Dalam Pengembangan Kota”, *Prosiding Seminar Nasional Peran Ruang Publik dalam Pengembangan Sektor Properti dan Kota*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001*. Grasindo, Jakarta.
- Swarinoto, Y.S., dan M. Widiastuti. 2002. “Uji Statistika Terhadap Persamaan Eksperimental untuk Menghitung Nilai Suhu Udara Permukaan Rata-rata Harian”, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol. 3 No. 3 Ed. Juli – September. BMG - Departemen Perhubungan, Jakarta.
- Tjasyono H.K., B. 1992. *Klimatologi Terapan*. Cet. I. Pionir Jaya, Bandung.
- _____. 2004. *Klimatologi*, Ed. II. Penerbit ITB, Bandung.
- Tjitrosoepomo, G. 2000. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta)*. Cet. VI. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Warintek-ristek. 2008. *Ficus Benjamina L.* www.warintek-ristek.go.id. Diunduh 09 Juli 2008.
- Waryono, R. Ali, dan D.H. Gunawan. 1987. *Pengantar Meteorologi dan Klimatologi*. Cet. I. Bina Ilmu, Surabaya.

Wikipedia, 2007. *Pemanasan Global*. www.wikipedia.org. Diunduh 29 Oktober 2007.

www.incredimail.com. 2007. Diunduh 29 Oktober 2007.

Zoer'aini. 2005. *Tantangan Lingkungan dan Lansekap Hutan Kota*. Bumi Aksara, Jakarta.

Peraturan Perundang-undangan:

1. Peraturan Pemerintah Nomor 63 Tahun 2002 tentang *Hutan Kota*.
2. Undang-undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang *Penataan Ruang*.