

ADAPTASI ANATOMIS POHON

ROOF GARDEN

(Studi Kasus : Kondominium Taman Anggrek, Jakarta)

ANDINI ARISANTI

A34201034



PROGRAM STUDI ARSITEKTUR LANSKAP

FAKULTAS PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

2005

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **ADAPTASI ANATOMIS POHON ROOF GARDEN
(STUDI KASUS : KONDOMINIUM TAMAN ANGGREK,
JAKARTA)**

Nama Mahasiswa : **ANDINI ARISANTI**

NRP : **A34201034**

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr.Ir.Aris Munandar,MS

NIP : 131 284 867

Dr.Ir.Theresia Prawitasari, MS

NIP : 132 102 848

Mengetahui,

Dekan Fakultas Pertanian

Prof.Dr.Ir.Supiandi Sabiham, M.Agr

NIP : 130 422 698

Tanggal Lulus :

ADAPTASI ANATOMIS POHON

ROOF GARDEN

(Studi Kasus : Kondominium Taman Anggrek, Jakarta)

ANDINI ARISANTI

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Pertanian pada

Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

PROGRAM STUDI ARSITEKTUR LANSKAP

FAKULTAS PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

2005

RINGKASAN

ANDINI ARISANTI. ADAPTASI ANATOMIS POHON *ROOF GARDEN* - STUDI Kasus: Kondominium Taman Anggrek, Jakarta. (Dibawah bimbingan ARIS MUNANDAR dan THERESIA PRAWITASARI)

Penelitian ini dilatar belakangi oleh adanya suatu bentuk alternatif taman yang berada di atap suatu bangunan (*roof garden*) yang disebabkan oleh semakin terbatasnya lahan yang telah digunakan untuk menyediakan ruang bagi kebutuhan masyarakat atau pembangunan secara horizontal. Keadaan udara pada level bangunan yang tinggi akan berbeda dengan keadaan udara di tempat yang lebih rendah. Hal ini dapat mempengaruhi bentuk adaptasi tanaman pohon pada khususnya untuk dapat hidup dengan baik di *roof garden*. Penelitian mengambil tempat di *roof garden* kondominium Taman Anggrek, Jakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk dapat mempelajari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan (Stres) pada *roof garden* terhadap adaptasi anatomis tanaman pohon di *roof garden*.

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil contoh sampel iklim terlebih dahulu pada dua lokasi yaitu pada tempat *roof garden* dengan *non-roof garden*. Pengambilan sampel iklim meliputi kecepatan angin, kelembaban dan suhu udara. Hasil yang didapat adalah kecepatan angin pada *roof garden* lebih besar dari *non-roof garden* dengan kelembaban dan suhu udara yang lebih rendah pada *roof garden*. Hasil pengukuran iklim ini menunjukkan bahwa lokasi *roof garden* memiliki keadaan udara yang sejuk berangin.

Tanaman pohon yang telah dipilih yaitu pohon *Bauhinia purpurea*, *Erythrina christa-galli*, *Mussaenda erythophylla*, dan *Wodyetia bifurcata* yang kemudian diamati baik secara visual maupun anatomis. Pengamatan secara visual meliputi keadaan pertumbuhan dan kesegaran dan hijau daun. Pengamatan anatomis dilakukan pada daun dan akar. Pada daun diamati stomata, untuk mengetahui kerapatan stomata; trikoma, untuk mengetahui panjang dan kerapatan trikoma; serta ketebalan daun untuk melihat keberadaan lapisan lilin. Pada akar diamati xilem untuk mempelajari konduktivitas akar atau kemampuan pohon dalam menyerap air. Dari hasil perhitungan ini kemudian diolah secara statistik dengan regresi sederhana antara kemampuan penyerapan air dari hasil perhitungan konduktivitas akar dengan transpirasi yang didekati dari jumlah stomata. Hubungan antara konduktivitas akar dengan trikoma yang merupakan bentuk modifikasi epidermis juga dilakukan, dimana trikoma dapat berperan dalam membatasi pengeluaran air yang berlebihan. Lapisan lilin merupakan bentuk modifikasi lain yang dapat mempengaruhi pengeluaran air.

Dari hasil penelitian, konduktivitas yang berhubungan dengan stomata daun terdapat pada tanaman *Bauhinia purpurea*, dan *Wodyetia bifurcata*, sehingga menunjukkan bahwa konduktivitas merupakan bentuk adaptasi yang signifikan pada lingkungan *roof garden*. Namun pada pohon *Erythrina christa-galli* dan *Mussaenda erythophylla* menunjukkan bahwa bentuk adaptasi merupakan fenomena yang kompleks yang dipengaruhi oleh bentuk anatomi lain seperti lapisan lilin dan trikoma.

Dapat disimpulkan, tanaman yang tahan berada di *roof garden* adalah pohon *Bauhinia purpurea*, dari segi anatomis memiliki hubungan konduktivitas akar dengan stomata dan trikoma yang menunjukkan penyesuaian, dengan bentuk visual yang lebih baik dari ke-3 pohon lainnya dan pohon *Wodyetia bifurcata* yang secara anatomi memiliki stomata yang menyesuaikan terhadap lingkungan *roof garden* kemudian dari segi visual pohon menunjukkan bentuk pertumbuhan yang baik namun memiliki kualitas daun yang tidak terlalu segar.

Selanjutnya pohon dadap merah (*Erythrina christa-galli*) diperkirakan merupakan pohon yang menunjukkan bentuk adaptasi yang kompleks yang dapat dipengaruhi oleh lapisan lilin maupun bentuk adaptasi lain yang belum diketahui. Bentuk visual pohon menunjukkan bentuk yang kurang baik yang terlihat dari pertumbuhan dan kesegaran pohon. Kemudian pohon *Mussaenda erythophylla* diperkirakan bukan pohon yang dapat tahan pada lingkungan *roof garden*, hal ini ditinjau dari bentuk trikoma yang kurang mendukung pohon untuk hidup di lingkungan *roof garden*, kemudian dari bentuk visual, pohon ini memiliki bentuk pertumbuhan yang normal namun memiliki kualitas daun yang kurang segar.

Pohon dengan daun yang memiliki trikoma (rambut) dan lapisan lilin dapat direkomendasikan sebagai pohon yang baik digunakan pada lokasi *roof garden*. Walaupun demikian, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengamatan visual estetika pohon-pohon yang sering digunakan dalam desain lanskap secara lebih mendetail dan lengkap. Selain itu Identifikasi faktor-faktor ganda (*Multiple factor*) yang dapat mempengaruhi adaptasi, perlu dilakukan serta pengukuran konduktivitas stomata yang lebih modern agar didapat nilai yang akurat.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 11 Maret 1983 di Jakarta dan merupakan anak bungsu dari 2 bersaudara dari pasangan Sardjono Iman Ngulomo (alm.) dan Dra. Hj. Ida Swastuti.

Tahun 1989 penulis masuk bangku SD di SDN IKIP Rawamangun kemudian pada tahun 1990-1991 penulis memiliki kesempatan untuk sekolah di Peabody Elementary School, Cambridge Massachussets. Penulis lulus dari SDN IKIP pada tahun 1996, kemudian melanjutkan sekolah di SLTP Labschool dan lulus pada tahun 1998. Kemudian penulis melanjutkan sekolah di SMU Labschool Rawamangun dan lulus pada tahun 2001. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswa IPB lewat jalur USMI di Program studi Arsitektur Lanskap, Departemen Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian.

Tahun 2001 penulis mengikuti pelatihan penyiar radio AGRI-FM sebagai *Music director* dan *announcer*, kemudian mulai tahun 2002 hingga 2004 penulis aktif sebagai anggota teater Ladang seni Faperta dan pernah mengikuti berbagai pertunjukan di Kampus. Kegiatan organisasi yang pernah dilakukan adalah Himpunan Mahasiswa Arsitektur Lanskap (HIMASKAP) Tahun 2004/2005 divisi kemahasiswaan sebagai anggota dari biro seni.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah S.W.T karena berkat rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul *Adaptasi Anatomis Pohon Roof Garden* (Studi Kasus: Kondominium Taman Anggrek, Jakarta) berawal dari keingintahuan pengaruh keadaan iklim di *roof garden* terhadap adaptasi anatomis pohon di Kondominium Taman Anggrek, Jakarta, dan diharapkan dapat dijadikan pedoman untuk penanaman pohon di *roof garden* selanjutnya.

Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr Ir Aris Munandar, MS dan Dr Ir Theresia Prawitasari, MS selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama melaksanakan penelitian sampai skripsi ini selesai,
2. Dr Ir Nizar Nasrullah, M.Agr, selaku dosen penguji, atas saran yang diberikan sehingga melengkapi skripsi ini,
3. Papa (alm.), Mama dan Mas Ito atas doa, kasih sayang serta semangat yang tiada henti sampai skripsi dapat diselesaikan dan hingga kini,
4. Dosen dan staf pengajar Departemen Arsitektur Lanskap dan Institut Pertanian Bogor yang telah banyak membantu selama melaksanakan studi di IPB dan dalam masa penelitian hingga skripsi ini dapat diselesaikan,
5. Ir Bregas B, Ass Dpl. dan Mas Nandang dari Departemen Geofisika dan Meteorologi atas bantuan dan penjelasan dalam melaksanakan penelitian,
6. Bapak Winarno sebagai *Chief Housekeeping Departement* Kondominium Taman Anggrek Jakarta, yang telah menerima penulis dengan baik, Bapak Kusnanto, Mba Mira, Bapak Subarjo, Bapak Yanto, Bapak Janwar, Bapak Masnan, beserta staf lain atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan selama melakukan penelitian di Kondominium Taman Anggrek,
7. Dr Ir Juliarni M.Agr dan Ir Dorly, M.Si serta staf dari Departemen Biologi atas segala bantuan dan dukungan dalam melaksanakan penelitian di laboratorium anatomi FMIPA, IPB,
8. Dr Supriyanto, Bapak Ujang Susep Irawan, M.Si dan Bapak Yadi dari Laboratorium Sylvikultur Biotrop yang telah memberikan pengarahan, bantuan serta semangat selama melakukan pengolahan data,

9. Agustya Feriandi Nasser *as my shinning light* atas kasih dan sayang yang telah menyertai, mendukung dan selalu memberi semangat, sehingga penulis selalu merasa terdorong untuk terus maju sampai skripsi ini dapat diselesaikan,
10. Teman-teman seperjuangan, lanskap 38, teman satu bimbingan Sandi, Rida dan Tata yang selalu saling memberi semangat, Doe, Inke, Eno, Dian, Rin2, Rika, Faika atas saran dan bantuan sebelum seminar, Icha dan Ifa atas souvenir yang bagus dan murah meriah, Alun, Liza, Mia, Nura *and her little bro* Imat, Pim2, dan Alma yang bersedia menunggu saat sidang, kiki, gin2, Aci, Muti, Nuning, Hijrah, Bessy, davi dan teman-teman lain yang tidak ada kabarnya semoga akan selalu terjalin persahabatan sampai nanti,
11. Teman-teman satu kost, Tini, Dias, Mba Diah, Mba Desi, Dita, Ani dan lainnya, teman-teman dari kost novia 1 Doni, Nasroel, Adi dan teman lainnya yang telah membantu semangat dan doa, Febi dan tria dari kost TM1 atas bantuan PGTnya,
12. Teman teman dari Departemen Biologi, Kiki, Syamsiah, Deri, Made, Mba lim atas kebersamaanya di kampus Baranangsiang, Bapak Kus, Mba Ucu, Mba lin, Mba Amel dan Mas Ewo, dari Laboratorium Kultur jaringan,

Serta teman-teman lainnya yang belum disebutkan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bogor, Desember 2005

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PENDAHULUAN	
LatarBelakang	1
Tujuan.....	2
Manfaat.....	2
TINJAUAN PUSTAKA	
<i>Roof Garden</i>	3
Pengaruh Iklim Terhadap Adaptasi Tanaman.....	4
Kelembaban	4
Suhu Udara	5
Kecepatan Angin	5
Aspek Ekologis Tanaman Peneduh	7
<i>Bauhinia purpurea</i>	7
<i>Erythrina christa-galli</i>	7
<i>Mussaenda erythopylla</i>	7
<i>Wodyetia bifurcata</i>	8
Anatomi Daun.....	8
Stomata	8
Trikoma	10
Xilem.....	11
Absorpsi Air	12
Proses Fisiologi.....	13
Transpirasi.....	13
Fotosintesis	14
Respirasi	14
METODOLOGI	
Waktu dan Tempat.....	15
Rancangan Penelitian	15
Pelaksanaan Penelitian	16
Analisis	17
HASIL DAN PEMBAHASAN	
Kondisi Umum Lokasi Penelitian	22
<i>Roof garden</i>	22
<i>Non-roof garden</i>	23
Kondisi Iklim Mikro	23
Anatomi Vegetasi.....	26
<i>Bauhinia purpurea</i>	26
Stomata dan Konduktivitas Akar	26
Stomata dan Luas Stomata	28
Stomata dan Trikoma.....	29
<i>Erythrina christa-galli</i>	31
Stomata dan Konduktivitas Akar	31
<i>Mussaenda erythophylla</i>	34
Stomata dan Konduktivitas Akar	34

Stomata dan Luas Stomata	35
Stomata dan Trikoma.....	36
<i>Wodyetia bifurcata</i>	38
Stomata dan Konduktivitas Akar	38
Stomata dan Luas Stomata	39
Pembahasan Umum	41
KESIMPULAN DAN SARAN	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	46

DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1	Stomata dalam beberapa susunan.....	10
2	Beberapa bentuk trikoma.....	11
3	Potongan akar <i>Rannuculus</i> dan <i>Dracaena fragrans</i>	12
4	Contoh sampel pohon pada <i>roof garden</i>	20
5	Contoh sampel pohon pada <i>non-roof garden</i>	21
6	Penampang <i>roof garden</i>	22
7	Lokasi <i>Non-roof garden</i>	23
8	Grafik pengamatan iklim per- hari.....	24
9	Pori xilem pada akar pohon kupu-kupu (<i>Bauhinia purpurea</i>).....	27
10	Grafik hubungan stomata dengan konduktivitas akar pohon kupu-kupu (<i>Bauhinia purpurea</i>)	27
11	Anatomi daun kupu-kupu (<i>Bauhinia purpurea</i>) di <i>roof garden</i>	28
12	Grafik hubungan kerapatan stomata dengan luas stomata pada pohon kupu-kupu (<i>Bauhinia purpurea</i>)	29
13	Penampang melintang daun kupu-kupu (<i>Bauhinia purpurea</i>)	29
14	Anatomi daun kupu-kupu (<i>Bauhinia purpurea</i>) di <i>non-roof garden</i>	30
15	Grafik hubungan kerapatan stomata dengan panjang trikoma pohon kupu-kupu (<i>Bauhinia purpurea</i>)	30
16	Anatomi daun dadap merah (<i>Erithrina christa-galli</i>) di <i>roof garden</i>	31
17	Anatomi daun dadap merah (<i>Erithrina christa-galli</i>) di <i>non-roof garden</i>	32
18	Grafik hubungan stomata dengan konduktivitas akar pohon dadap merah (<i>Erythrina christa-galli</i>)	32
19	Pori xilem pada akar dadap merah (<i>Erythrina christa-galli</i>)	33
20	Penampang melintang daun dadap merah (<i>Erythrina christa-galli</i>).....	33
21	Grafik hubungan stomata dengan konduktivitas akar pada pohon nusa indah (<i>Mussaenda erythrophylla</i>).....	34

22 Anatomi daun nusa indah (<i>Mussaenda erythophylla</i>) di <i>non-roof garden</i>	35
23 Pori xilem akar nusa indah (<i>Mussaenda erythophylla</i>)	35
24 Grafik hubungan kerapatan stomata dengan luas stomata pada pohon nusa- indah (<i>Mussaenda erythophylla</i>).....	36
25 Anatomi daun nusa indah (<i>Mussaenda erythophylla</i>) di <i>roof garden</i>	37
26 Grafik hubungan stomata dengan panjang trikoma pohon nusa indah (<i>Mussaenda erythophylla</i>).....	37
27 Penampang melintang daun nusa indah (<i>Mussaenda erythophylla</i>).....	37
28 Grafik hubungan stomata dengan konduktivitas akar pohon palem ekor tupai (<i>Wodyetia bifurcata</i>).....	38
29 Pori xilem pada palem ekor tupai (<i>Wodyetia bifurcata</i>).....	39
30 Grafik hubungan kerapatan stomata dengan luas stomata pohon palem ekor tupai (<i>Wodyetia bifurcata</i>)	39
31 Anatomi daun palem ekor tupai (<i>Wodyetia bifurcata</i>) di <i>roof garden</i>	40
32 Anatomi daun palem ekor tupai (<i>Wodyetia bifurcata</i>) di <i>non-roof garden</i>	40
33 Penampang melintang daun palem ekor tupai (<i>Wodyetia bifurcata</i>).....	40

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1	Tabel Pengamatan Iklim bulan April-Mei 2005.....	23
Lampiran		
2	Bahan dan kegunaan	46
3	Alat dan kegunaan	46
4	Hasil pengamatan Anatomi 4 vegetasi pohon pada <i>roof garden</i> dan <i>non-roof garden</i>	47

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan ruang yang selama ini dilakukan berorientasi pada perluasan secara horizontal, akan semakin mengurangi lahan hijau yang ada. Beberapa tahun ini pembangunan sudah mulai berorientasi ke arah vertikal. Hal ini dapat disebabkan oleh harga lahan yang semakin meningkat dan kebutuhan masyarakat yang semakin beragam. Sitta (1998)¹ menyatakan bahwa usaha membangun sebuah kota yang *sustainable* berarti pula usaha untuk mencari bentuk-bentuk baru dari penghijauan kota, dimana penghijauan dilakukan tidak hanya dalam arah horizontal belaka, melainkan juga berarah vertikal.

Roof garden dilihat dari pengertian katanya, merupakan suatu taman yang terdapat di atas atap suatu bangunan (Mawarsid, 1984). *Roof garden* tampaknya cukup mampu menjawab keterbatasan lahan yaitu dengan menggunakan atap yang selama ini belum dimanfaatkan, sehingga keberadaan bangunan sekarang dapat digunakan untuk menciptakan kota yang ekologis yaitu dengan meningkatkan biomassa kota, meningkatkan kadar oksigen sekaligus menurunkan kadar karbondioksida, sebagai filter alami polusi udara, mengendalikan iklim mikro serta sebagai alternatif tempat produksi bahan makanan (Sulistiyantara *et al.*, 2004)

Kondisi vegetasi yang menjadi penyusun utama pada *roof garden* juga penting untuk diperhatikan. Menurut *Heat Island Group*², temperatur luar suatu bangunan di Chicago, Amerika pada saat musim panas dapat meningkat menjadi 140 °F. Temperatur di sekitar bangunan dapat menjadi lebih tinggi atau lebih rendah, tergantung dari keadaan lingkungan di sekitar bangunan apakah banyak pohon-pohon peneduh dan tanah tertutup rumput atau tanpa pohon-pohon dan permukaan tanpa rumput atau pekarangan (Soegijanto,1999). Tidak semua tanaman dapat ditanam di *roof garden*. Tanaman yang biasa digunakan pada *roof garden* merupakan tanaman yang tahan terhadap kondisi lingkungan pada

¹ <http://www.landaust.com.au/reviews/roofgardens.html>

² <http://www.temple.edu/env-stud/seniorsem/section3C.html>

roof garden. Menurut Zimmerman (2001)³ tanaman yang digunakan pada *roof garden* harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan pada atap bangunan yang meliputi tiga tantangan yaitu angin, kekeringan dan suhu.

Tanaman yang biasa di tanam pada keadaan normal atau pada taman-taman yang biasa dijumpai akan memiliki respon adaptasi yang berbeda dengan tanaman yang ditanam pada *roof garden*. Adaptasi pada tiap jenis tanaman akan memiliki pola yang berbeda-beda. Pola adaptasi ini dapat dilihat dari bentuk dan ciri anatomis pada tumbuhan tersebut. Dengan mengetahui ciri anatomis dan pola adaptasi yang dilakukan tumbuhan maka dapat dijadikan acuan dalam perawatan dan pemeliharaan tanaman selanjutnya.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh lingkungan stres *roof garden* terhadap bentuk adaptasi anatomis beberapa pohon pada *roof garden* dan *Non-roof garden* di kondominium Taman Anggrek, Jakarta.

Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipelajari ciri-ciri beberapa jenis pohon yang dapat beradaptasi dengan baik pada *roof garden*, sehingga dapat menjadi pedoman atau masukan dalam melakukan penanaman *roof garden* selanjutnya.

³ http://www.brucezimmerman.com/ARTICLES/ROOF_GARDENS.htm

TINJAUAN PUSTAKA

Roof Garden

Roof garden berasal dari taman gantung Babilonia yang dibangun oleh raja Kaldea, Nebupalassar (605-562 SM) yang kemudian dilanjutkan oleh puteranya Nebuchadnezzar yang dipersembahkan untuk permaisurinya Ametys. Taman gantung ini berupa teras-teras yang bertingkat pada dinding kota dengan ketinggian 3500 kaki dari permukaan laut dengan luas areal sekitar 2 Ha. Taman gantung ini merupakan *roof garden* yang sangat megah dan modern yang pertama kali dibangun manusia ribuan tahun silam. Taman gantung Babilonia ini menjadi salah satu inspirasi pembuatan *roof garden* saat ini.

Perkembangan pembangunan gedung-gedung perkantoran dan pertokoan yang pesat di daerah perkotaan dan tuntutan akan lingkungan yang tetap menyenangkan pada daerah tersebut menyebabkan timbulnya suatu cabang lanskap yang dinamakan *roof landscape* (Mawarsid, 1984). *Roof garden* dilihat dari pengertian katanya, merupakan suatu taman yang tidak terletak di halaman rumah atau bangunan seperti lazimnya sedangkan pengertian umum *roof garden* adalah taman yang terdapat di atas atap suatu bangunan (Mawarsid, 1984).

Menurut Sulistyantara *et al.* (2004), dalam membangun *roof garden* perlu perencanaan dan perancangan yang matang, yang berkaitan dengan sifat pertumbuhan tanaman dan faktor lingkungan tumbuhnya yang meliputi (1) Media tumbuh, (2) Daya dukung slop, (3) Fasilitas pembuangan dan konservasi air, (4) Perlindungan dari angin kencang, (5) Pemilihan jenis tanaman yang tahan terhadap hama penyakit dan kekeringan.

Menurut Kuhn (1995), pada *roof garden* terdapat kondisi iklim mikro yang spesifik seperti kecepatan angin yang besar, intensitas penyinaran tinggi, dan temperatur yang ekstrim. Hal ini menimbulkan efek langsung terhadap pemilihan jenis tanaman, perlakuan irigasi dan perawatan tanaman. Teknologi pembuatan *roof garden* sangat memerlukan pengetahuan yang mendalam mengenai ilmu biologi tumbuhan, teknik hidrologi dan arsitektur.

Pengaruh Iklim Terhadap Adaptasi Tanaman

Respon tumbuhan terhadap berbagai kondisi dalam lingkungan telah mendapat perhatian jauh sebelum ditemukannya ilmu biologi (Levitt,1972). Selanjutnya stres lingkungan dapat didefinisikan sebagai keadaan lingkungan yang merugikan pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan sedangkan ketahanan stres (resistensi) sebagai kemampuan tanaman untuk dapat bertahan hidup dalam keadaan yang tidak menguntungkan. Organisme hidup dapat beradaptasi, sehingga dapat mengurangi atau mencegah strain (segala bentuk kerusakan fisik atau kimia yang timbul karena stres).

Kelembaban

Hickman (1970) menyatakan kelembaban sebagai perbandingan tekanan uap aktual dengan tekanan uap jenuhnya dalam temperatur yang sama dalam satuan prosentase. Kelembaban yang terlalu tinggi atau rendah mempengaruhi tanaman untuk dapat beradaptasi. Menurut Willmer (1983) dalam Croxdale (2000) menyatakan bahwa kerapatan stomata dari tiap tumbuhan akan berbeda-beda yang dipengaruhi oleh lingkungannya terutama intensitas sinar matahari dan kelembaban. Tanaman yang tumbuh di daerah kering dan banyak mendapatkan penyinaran matahari akan memiliki kerapatan stomata yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh di daerah basah dan ternaungi. Selanjutnya Meidner dan Mansfield (1975) menambahkan bahwa pengaruh kelembaban terhadap perubahan stomata sangat kecil pada suhu 15 °C dan suhu di bawahnya. Bahkan pada suhu 30 °C stomata tetap terbuka pada intensitas cahaya yang tinggi dengan perubahan kelembaban berkisar antara 50-100%. Kemudian ditemukan bahwa pada kelembaban di bawah 50% terjadi penutupan stomata sebagai hasil interaksi CO₂ dengan udara kering di atmosfer.

Menurut Fitter dan Hay (1981) sifat morfologis yang dapat menyokong kemampuan hidup tanaman di iklim yang kering adalah terbentuknya rambut daun terutama yang melingkari stomata yang mengakibatkan bertambahnya ketebalan daun dan karena itu, juga mempengaruhi tahanan air terhadap hilangnya air dari lapisan batas daun. Selanjutnya Meidner dan Mansfield (1975) menambahkan kelembaban tidak begitu berpengaruh dibanding dengan kecepatan angin dan suhu udara.

Suhu Udara

Soedarsono *et al.* (1986) menerangkan suhu sebagai tingkat kemampuan benda dalam memberikan atau menerima panas. Anonim (2004)⁴ menyatakan suhu udara dipengaruhi oleh tinggi-rendahnya letak daerah tersebut dari permukaan laut serta dapat dipengaruhi oleh faktor lama dan arah penyinaran matahari. Suhu udara dapat mempengaruhi kondisi anatomi tanaman. Menurut Meidner dan Mansfield (1975) temperatur udara tidak mempengaruhi stomata secara langsung, tetapi melalui respon penerimaan CO₂. Selanjutnya dijelaskan bahwa hubungan tersebut menghasilkan pola perilaku tanaman pada kondisi iklim panas adalah pembukaan stomata yang lebar pada pagi hari, setengah pembukaan pada siang hari, dan kembali membuka lebar pada sore hari. Hal ini dipengaruhi oleh suhu yang tinggi dapat meningkatkan kadar CO₂.

Zimmerman dan Brown (1971) menyatakan bahwa suhu udara merupakan faktor penting pada pertumbuhan dan perkembangan pohon karena mempengaruhi berbagai aktivitas fisiologi dan metabolisme pohon. Selanjutnya pengaruh tersebut pada pertumbuhan pohon terletak pada efek perbedaan suhu siang dan malam. Percobaan pada pohon pinus (*Pinus sabiniana* Dougl.) menghasilkan bahwa suhu malam hari lebih efektif untuk pertumbuhan ketinggian dibandingkan suhu siang hari. Jones (1992) menambahkan bahwa sampai batas tertentu stomata akan cenderung untuk membuka sewaktu suhu udara meningkat dari suhu normalnya.

Kecepatan Angin

Angin merupakan udara yang bergerak dari tempat bertekanan tinggi ke tempat bertekanan rendah. Perbedaan suhu permukaan tanah juga dapat menghasilkan angin, sebab suhu permukaan tanah yang panas akan menyebabkan udara disekitarnya mengembang dan tergantikan dengan udara yang lebih dingin (Anonim, 2001)⁵. Pengaruh kecepatan angin yang tinggi terhadap tanaman dapat mempengaruhi kondisi anatomi, fisiologi dan morfologi tanaman. Nikleas (1999) menyatakan bahwa pada pohon ceri (*Eigenia dombeyi*) angin badai dapat menyebabkan cabang-cabang yang berkumpul dan cabang-

⁴<http://www.menlh.go.id/acil/udara.html>

⁵<http://www.e-smartschool.com/PNV/001/PV0010006.asp>

cabang yang rendah patah bahkan dapat mematahkan batang pohon dari pusat pohonnya. Selanjutnya Nikleas menjelaskan bahwa kecepatan angin juga dapat mempengaruhi bentuk kanopi daun.

Kekeringan di udara dapat disebabkan oleh kecepatan angin yang tinggi dengan suhu yang tinggi. Meidner dan Mansfield (1975) menyatakan bahwa pada kondisi udara yang tetap ketahanan transpirasi adalah tinggi pada tiap tingkat kelembaban. Kemudian dinyatakan kembali bahwa pada keadaan udara yang berangin, difusi transpirasi meningkat sehingga dapat menyebabkan kekurangan air pada pohon. Selanjutnya pada keadaan berangin, difusi CO₂ dapat berkurang yang disebabkan oleh kekurangan air sehingga menyebabkan penutupan pada stomata. Sehingga pada kondisi demikian, tanaman membutuhkan penyerapan air yang lebih banyak. Kemudian pada percobaan yang dilakukan oleh Reich *et al.* (2004) pada tanaman *Hyeronima alchorneoides* (*Euphorbiaceae*) pada kecepatan angin yang tinggi perluas daun mengalami peningkatan proses pengeluaran uap air dan CO₂. Selanjutnya Jones (1992) menyatakan spesies yang telah beradaptasi dengan baik pada habitat dengan kecepatan angin yang tinggi, dapat memiliki stomata yang tidak responsif terhadap kecepatan angin. Dan angin juga dapat menyebabkan kutikula menipis.

Menurut Sulistyantara *et al.* (2004) terdapat beberapa hal yang terkait dengan faktor iklim yang perlu diperhatikan untuk menentukan jenis tanaman adalah :

(1). Panas yang ekstrim

Panas berlebihan yang bersumber dari sinar matahari terus menerus dapat menyebabkan proses penguapan berlangsung terus menerus hingga mengakibatkan kekeringan pada tanaman. Dan penguapan ini dapat terpicu lagi manakala ruang-ruang di sekitar tanaman masih didominasi oleh perkerasan.

(2). Angin kencang

Semakin tinggi bangunan dapat menyebabkan kecepatan angin yang tinggi pula. Angin akan meningkatkan proses penguapan air dari dalam tubuh tanaman.

Aspek Ekologis Tanaman Peneduh

Bauhinia purpurea

Pohon yang dikenal dengan sebutan bunga kupu-kupu ini termasuk famili *Fabaceae* yang berasal dari Asia selatan. Menurut Hadibroto *et al.* (2000) Tanaman ini memiliki bentuk bunga yang mirip dengan anggrek dan daun seperti kupu-kupu serta memiliki ragam warna bunga seperti putih, pink pucat, pink dan merah marun dengan pembungaan tak kenal musim sehingga tanaman ini dapat digunakan sebagai tanaman peneduh maupun tanaman hias.

Pohon kupu-kupu ini dapat tumbuh pada kondisi tanah yang tidak subur, berbatu-batu dan berpasir (Fakuara dan Soekotjo, 1986). Dalam kondisi yang baik pohon ini dapat mencapai ketinggian lebih dari 10 m. Kondisi lingkungan yang baik bagi tanaman ini adalah cukup mendapat sinar matahari dan air, serta drainase yang baik. Tanaman ini dapat diperbanyak dengan setek, cangkok batang atau biji.

Erythrina christa-galli

Tanaman jenis pohon ini biasa dikenal dengan sebutan dadap merah, karena memiliki bunga berwarna merah menyala. Pohon ini berasal dari benua Amerika dan termasuk ke dalam famili *Papilionaceae*. Tanaman ini banyak ditanam pada lahan perkarangan rumah atau sebagai tanaman pinggir jalan.

Dadap merah termasuk dalam pohon tinggi karena ketinggiannya dapat mencapai 5-25 m. Bunganya berkembang dalam tandan yang panjang (20-40 cm), tumbuh dalam jumlah banyak dan mekar secara bergantian. Bunga yang belum mekar gembung berongga, bentuknya seperti kuku, dan membulat di ujung. Daunnya merupakan daun majemuk yang berformasi tiga helai di setiap tangkainya. Pada musim kemarau daun-daun gugur seluruhnya. Daun dadap mirip dengan daun sirih tapi bedanya daun dadap lebih tebal dan lebih kaku. Umumnya dadap merah dapat tumbuh dengan baik di daerah dengan ketinggian 300 hingga 1600 mdpl (Maradjo *et al.*, 1977).

Mussaenda erythophylla

Tanaman yang berasal dari benua Afrika, Asia dan kepulauan pasifik ini termasuk ke dalam famili *rubiaceae*. Di Indonesia dinamakan mirip seperti nama latinnya, nusa indah. Tanaman ini memiliki daun muda yang tampak seperti bunga yang dapat berwarna merah muda, putih kehijauan, dan merah terang.

Bunganya sendiri tidak begitu menarik karena berukuran kecil seperti terompet dan muncul diantara daun muda (Hadibroto *et al.*, 2000).

Nusa indah yang termasuk ke dalam semak tinggi memiliki ketinggian 1-1,5 m. Tumbuh baik pada keadaan ternaungi dengan drainase yang baik (Burnie *et al.*, 1998).

Wodyetia bifurcata

Pohon ini memiliki batang tunggal, berakar serabut dan daunnya tersusun menyerupai ekor tupai. Palem ini termasuk ke dalam famili *Arecaceae* dan berasal dari Queensland, Australia. Pelepah daunnya dapat mencapai panjang 6 meter dan lebar 1,6 m dengan ketinggian yang mencapai 36 m. Tanaman ini hanya tumbuh di daerah tropis dengan sinar matahari penuh, dan tanah yang memiliki kelembaban, kesuburan dan drainase yang baik. Pohon palem ini memiliki bunga kecil dan banyak berwarna putih dengan biji keunguan. Perbanyakkan dengan biji dapat dilakukan pada musim hujan. Tanaman ini menarik ditanam di pinggir jalan dan taman-taman (Burnie *et al.*, 1998).

Anatomi Daun

Stoma

Stoma (jamak: Stomata) merupakan celah dalam epidermis yang dibatasi oleh dua sel epidermis yang khusus, yakni sel penutup (Hidayat, 1995). Sel penutup dikotil berbentuk oval seperti ginjal sedangkan pada monokotil berbentuk pipih ditengah dan menggelembung di ujung. Stoma merupakan bagian daun yang paling penting dalam tubuh tumbuhan karena perannya dalam kelangsungan hidup tumbuhan yakni pada berbagai proses fisiologi. Selanjutnya Hidayat (1995) menambahkan bahwa stomata terdapat pada semua bagian tumbuhan di atas tanah, tetapi paling banyak ditemukan pada daun. Stomata dapat ditemukan pada ke-2 sisi permukaan daun atau hanya pada satu sisi permukaan daun saja yaitu epidermis atas maupun epidermis bawah. Menurut Fahn (1991) jumlah stomata per milimeter persegi berbeda pada tumbuhan yang berlainan. Selanjutnya Meidner dan Mansfield (1975) menambahkan bahwa terdapat kecenderungan stomata untuk memiliki ukuran yang lebih kecil jika jumlahnya lebih banyak.

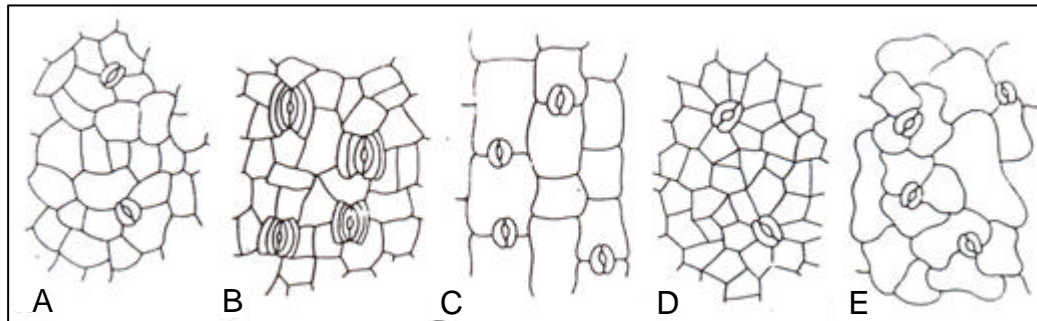
Croxdale (2000) menjelaskan bahwa frekuensi stomata dan jumlah klorofil berbeda pada permukaan daun bagian atas dan bawah. Hal ini dipengaruhi oleh

kondisi lingkungan, siklus fotosintesis, atau bahkan tata letak bagian daun. Selanjutnya dijelaskan pula bahwa pola stomata yang berbeda dapat mempengaruhi pertukaran gas yang terjadi. Meidner dan Mansfield (1975) menyatakan bahwa banyaknya stomata per unit area bervariasi tidak hanya antar jenis tetapi juga di dalam satu jenis, karena berhubungan dengan pengaruh faktor lingkungan selama pertumbuhan. Hal ini didukung oleh pernyataan Willmer (1983) dalam Croxdale (2000) yang melengkapi bahwa kerapatan stomata dari tiap tumbuhan akan berbeda-beda, yang dipengaruhi oleh lingkungannya terutama intensitas sinar matahari dan kelembaban. Tanaman yang tumbuh di daerah kering dan banyak mendapatkan penyinaran matahari akan mempunyai kerapatan stomata yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh di daerah basah dan terlindungi. Kondisi penyinaran penuh, kelembaban tanah yang rendah disertai dengan temperatur yang tinggi akan meningkatkan frekuensi stomata. Menurut Fahn (1991) pada percobaan dengan daun iris yang ditumbuhkan pada intensitas cahaya yang berbeda-beda memperlihatkan bahwa jumlah stomata dapat berkurang seiring dengan menurunnya intensitas cahaya.

Mauseth (1988) mengklasifikasi tipe susunan stomata yang paling umum menjadi 5, yaitu :

- A. Jenis *anomositik*, stomata dengan sel penutup yang dikelilingi oleh sejumlah sel yang tidak berbeda ukuran dan bentuknya dari sel epidermis lainnya. Jenis ini umum terdapat pada *Ranunculaceae*, *Capparidaceae*, *Cucurbitaceae*, *Malvaceae*.
- B. Jenis *parasitik*, stomata dengan sel yang mudah dikenali. Setiap sel penutup diiringi sebuah sel tetangga atau lebih dengan sumbu panjang. Sel tetangga itu sejajar sumbu sel penutup serta celah. Jenis ini umum terdapat pada *Rubiaceae*, *Magnoliaceae*, kebanyakan spesies *Convolvulaceae*, *Mimosaceae*.
- C. Jenis *diasitik* atau jenis *Caryophyllaceae*, stoma yang dikelilingi dua sel tetangga. Dinding bersama dari kedua sel tetangga itu tegak lurus terhadap sumbu melalui panjang sel penutup serta celah. Jenis ini umum terdapat pada *Caryophyllaceae*, *Acanthaceae*.
- D. Jenis *actonocytic*, stomata yang dicirikan dengan sel penjaga yang dikelilingi dengan banyak sel tetangga yang tersusun secara radial di sekelilingnya.

- E. Jenis *anisositik* atau jenis *Cruciferaeae*, stomata dengan sel penutup dikelilingi tiga buah sel tetangga yang tidak sama besar. Jenis ini umum terdapat pada *Cruciferae*, *Nicotiana*, *Solanum*.



Gambar 1. Stomata dalam beberapa susunan
(Sumber: Mauseth, 1988)

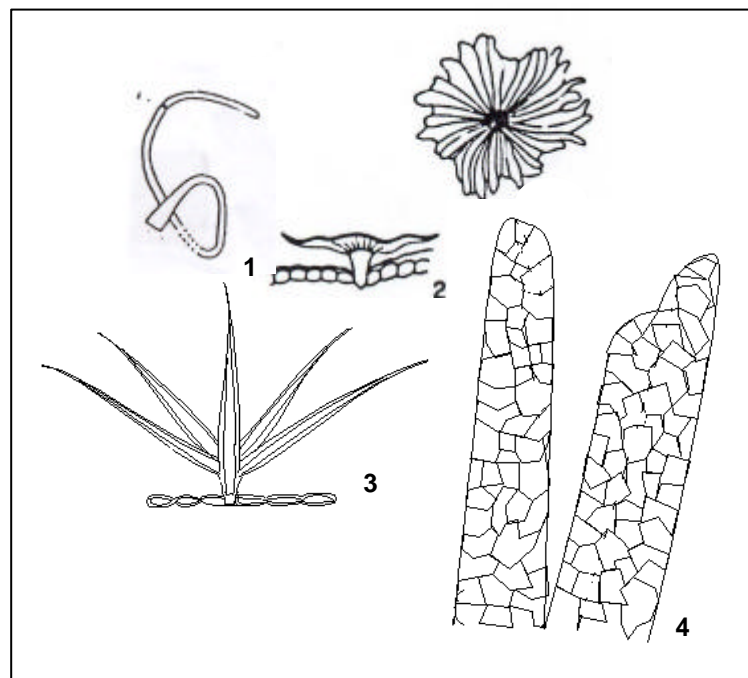
Trikoma

Trikoma (trikomata: jamak) dalam arti yang sebenarnya merupakan rambut-rambut yang tumbuh. Fahn (1991) menyatakan semua tambahan uniseluler maupun multiseluler pada epidermis disebut trikoma. Trikoma dapat dibagi menjadi trikoma tanpa kelenjar dan trikoma berkelenjar. Trikoma tanpa kelenjar dibagi menjadi :

- (1) Rambut yang uniseluler sederhana atau multiseluler uniseriat, yang tidak memipih. Biasa terdapat pada *Triticum*, *Hordeum*, *Pelargonium*, dan *Gossypium*.
- (2) Rambut skuamiform (bentuk sisik) yang multiseluler dan memipih secara nyata sekali. Tipe ini dapat tidak bertangkai (duduk), maka disebut sisik, atau bertangkai dan dikenal sebagai rambut berbentuk perisai (peltata), contohnya pada *Olea*.
- (3) Rambut multiseluler yang dapat berbentuk bintang (stelata), contohnya pada *Styrax*, seperti tempat lilin bercabang (kandelabrum), contohnya pada *Platanus* dan *Verbacum*.
- (4) Rambut kasar, trikoma kasar multiseriat, yang dipangkalnya terdiri atas sedikitnya dua atau lebih deretan sel yang berdampingan. Rambut seperti itu dapat dilihat pada pangkal tangkai daun *Portulaca oleracea*.

Trikoma berkelenjar merupakan trikoma yang terlibat dalam berbagai sekresi berbagai bahan, seperti larutan garam, larutan gula (nektar), terpenin

dan gom (polisakarida). Trikoma yang mengeluarkan cairan yang berisi bahan organik dan anorganik disebut hidatoda-trikom. Johnson (1935) dalam Gandasari (1994) menyatakan trikoma berasal dari jaringan epidermal yang kemudian di dalam pertumbuhannya mengalami proses diferensiasi atau pembagian sel sehingga dihasilkan perpanjangan rambut. Selain itu trikoma yang tumbuh di sekitar stomata dapat bermanfaat bagi tumbuhan dalam hal pengeluaran air. Menurut Fitter dan Hay (1981) sifat morfologis lain yang dapat menyokong kemampuan hidup tanaman di iklim yang kering adalah terbentuknya rambut daun terutama yang melingkari stomata, yang mengakibatkan bertambahnya ketebalan dan karena itu, juga mempengaruhi ketahanan terhadap hilangnya air dari lapisan batas daun.



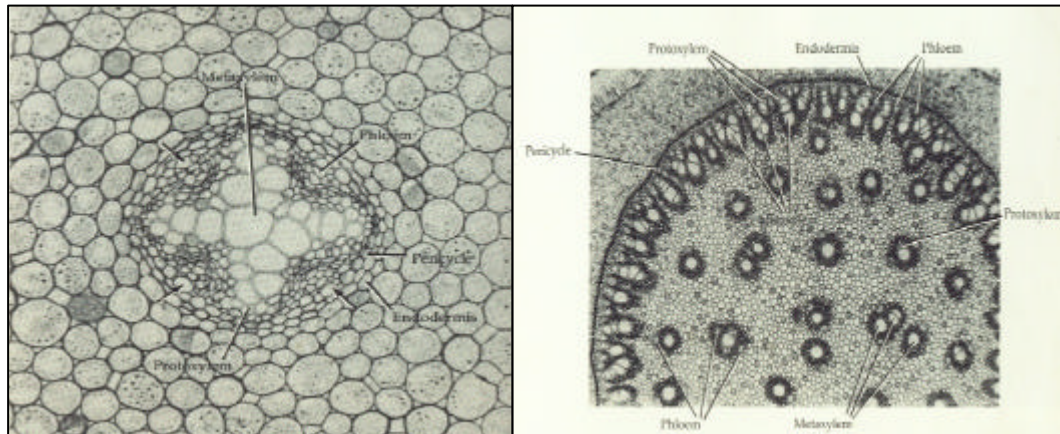
Gambar 2. Beberapa bentuk trikoma (Sumber: Esau, 1953 dalam Gandasari 1994 dan Fahn 1991)

Xilem

Letak xilem yang digunakan dalam penelitian ini adalah pada akar. Xilem menurut Milburn (1979) merupakan saluran air utama pada tanaman dimana pengangkutan air sebagian besar terjadi di dalam xilem yang berbentuk *sapwood*. Selanjutnya ditambahkan bahwa di dalam akar, jalur xilem berpencar dan selanjutnya akan menyatu di batang lalu setelah melewati saluran di dalam batang, xilem akan bercabang-cabang lagi di dalam daun-daun di dalam mesofil.

Zimmerman dan Brown (1971) menyatakan bahwa aspek penting pada perkembangan pohon yang tinggi adalah hubungan antara laju transpirasi dengan pori pembuluh. Selanjutnya dijelaskan bahwa pohon yang tumbuh di bawah intensitas cahaya yang tinggi lebih banyak bertranspirasi dan lebih banyak memiliki xilem dari pada tempat yang tumbuh di daerah naungan. Sebagai konsekuensi respon kebutuhan aliran air ke atas melalui proses kohesi.

Davies dan Zhang (1989) dalam Eshel dan Waisel (2002) melakukan percobaan yang melaporkan bahwa ABA dalam xilem pada bagian akar tersebut dalam kondisi kering akan memiliki jumlah yang lebih banyak dibandingkan pada bagian akar lainnya. Kenaikan tingkat ABA dalam akar akan menyebabkan penutupan stomata pada seluruh daun di pohon tersebut. Hal ini merupakan suatu bentuk adaptasi yang dapat mengurangi tingkat penyerapan air.



Gambar 3. Potongan akar. Kiri : *Ranunculus*, Kanan : *Dracaena fragrans*
(Sumber : Mauseth, 1988)

Absorpsi air

Penyerapan air oleh tumbuhan sangat dibutuhkan untuk kelangsungan hidup tumbuhan. Proses penyerapan air merupakan transportasi jarak jauh dari tanah menuju daun. Semakin banyak jumlah akar, maka semakin besar pula jumlah air yang diserap oleh tumbuhan. Penyerapan air dipengaruhi pula oleh kapasitas lapang. Kemampuan tanah memegang air dipengaruhi oleh jenis dari tanah tersebut. Tanah yang berpasir, memiliki kapasitas lapang yang rendah dibanding tanah gembur. Kapasitas lapang yang rendah dapat menyebabkan tumbuhan kekurangan air.

Absorpsi air dalam tanah dipengaruhi oleh tekanan akar dan daya hisap daun. Pada kondisi tanah yang memiliki kapasitas lapang yang berlebih dapat

menyebabkan tanah jenuh oleh air. Menurut Fakuara dan Soekotjo (1986) keadaan tanaman yang tumbuh pada tanah yang jenuh oleh air dapat menyebabkan tanaman mengalami keretakan pada dinding selnya (plasmolisis). Hal ini dapat terjadi bila tanaman berada dalam tekanan turgor maksimal, dimana sel tidak dapat menahan volume air yang diserapnya sehingga dinding sel pecah. Selanjutnya dinyatakan bahwa tanaman dengan sendirinya dapat beradaptasi apabila tanah berada dalam kondisi yang jenuh oleh air dengan cara sel tumbuhan akan menghentikan pengambilan air.

Bagian dalam tanah memiliki kelembaban yang lebih tinggi dibanding tanah di permukaan, sehingga akar pada bagian dalam tanah memiliki ketebalan diameter 40% lebih dari akar di atasnya. Penyerapan pada tanah lembab lebih tinggi dibanding tanah kering (Eshel dan Waisel, 2002).

Proses Fisiologi

Transpirasi

Transpirasi adalah kehilangan air oleh tanaman dalam bentuk uap. Menurut Kramer & Kozlowski (1960) dan Kramer (1983) dalam Fakuara dan Soekotjo (1986), mengatakan bahwa transpirasi merupakan hal yang menguntungkan bagi tumbuhan, sebab transpirasi dapat mendinginkan daun, dan menyebabkan naiknya air ke daun serta menaikkan absorpsi dan translokasi mineral. Selanjutnya dikemukakan pula bahwa bila tidak karena transpirasi, tanaman di tanah yang jenuh air akan menjadi turgid sehingga akan mengalami keretakan pada dinding selnya. Jarvis *et al.* (1981) menambahkan sejak molekul air keluar dari daun melalui stomata, tingkah laku stomata memberikan suatu pengaruh pada laju transpirasi.

Kozinka dan Kolek (1991) menyatakan jumlah air yang ditarik oleh akar telah terbukti dipengaruhi oleh transpirasi, ukuran akar, dan kondisi dimana akar berada (Keberadaan air, suhu tanah dan aerasi air). Menurut Jones (1992) keadaan angin yang kencang dapat menurunkan ketahanan lapisan batas daun sehingga transpirasi meningkat. Sebaliknya, pada tingkat radiasi yang tinggi, kecepatan angin dapat menurunkan laju transpirasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Jarvis *et al.* (1981) bahwa pada kondisi lingkungan dengan kecepatan angin yang tinggi dapat menyebabkan penurunan laju transpirasinya, bukan kenaikan. Hal ini disebabkan karena angin mendinginkan helai daun, sehingga pada lapisan batas udara – daun mencapai suhu terendah, dan

perbedaan konsentrasi uap air di antara rongga stomata dengan atmosfer adalah kecil. Hal ini menepis dugaan yang ada, sehingga kecepatan angin yang tinggi tidak selalu meningkatkan laju transpirasi tanaman.

Fotosintesis

Fotosintesis merupakan reaksi yang mengubah gas karbon dioksida dengan uap air menjadi glukosa dan oksigen. Tjondronegoro (2003) menyatakan bahwa proses fotosintesis memerlukan cahaya sebanyak 691.000 kalori energi, dan pada keadaan intensitas cahaya yang rendah, laju fotosintesis akan rendah pula. Selanjutnya Blackman (1905) dalam Tjondronegoro (2003) melakukan percobaan dan berkesimpulan bahwa proses fotosintesis meliputi reaksi-reaksi fotokimia dan reaksi-reaksi enzimatik, dan keseluruhan proses ini mulai berlangsung bila ada cahaya dan berhenti apabila tidak ada cahaya. Selanjutnya proses fisiologis selain dipengaruhi oleh cahaya matahari dapat dipengaruhi oleh turgor sel. Menurut Fitter dan Hay (1981) laju pertumbuhan sel-sel tanaman dan efisiensi proses fisiologisnya mencapai tingkat tertinggi bila sel-sel berada pada turgor maksimum. Selanjutnya, pada suatu tanaman yang berfotosintesis, air akan cenderung ditarik dari sel-sel daun, dengan menghasilkan reduksi tekanan dalam turgor sel dan dalam potensial air sel.

Respirasi

Respirasi merupakan kebalikan reaksi dari fotosintesis. Gas yang dihasilkan adalah karbon dioksida dan uap air. Respirasi menghasilkan persediaan energi yang diperlukan untuk asimilasi dan membentuk energi lain dengan melalui proses yang menggunakan lemak dan hasil sintesis protein, untuk mengabsorpsi mineral dan perbaikan struktur protoplasma. Singkatnya, respirasi membutuhkan oksigen dengan melepaskan karbon dioksida dan penurunan berat kering (Kramer, 1987). Fukai dan Salisbury (1977) dalam Jarvis (1981) menyatakan respirasi mencerminkan aktivitas tumbuhan secara keseluruhan terutama bagian dalam organnya, dan umumnya bergantung pada massa dari jaringan hidup dan temperatur. Secara tidak langsung proses respirasi membutuhkan air sebagai sumber energi dalam melakukan sintesis. Adaptasi xilem diperlukan tanaman saat tanaman berada pada kondisi yang tidak menguntungkan. Pada kondisi tersebut, akar akan memperbanyak jumlah xilem untuk penyerapan air sehingga cukup untuk melakukan proses respirasi secara normal, namun ukuran xilem biasanya mengecil.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan selama 4 bulan, mulai pertengahan bulan April 2005 sampai bulan Agustus 2005. Bulan April 2005 – Mei 2005 melakukan pengambilan data iklim dan sampel tanaman pada *roof garden* dan *non-roof garden*, kondominium Taman Anggrek, Jakarta Barat. Pada bulan Mei 2005 – Agustus 2005 dilakukan pengolahan sampel di laboratorium anatomi FMIPA dan laboratorium Sylvikultur Biotrop.

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dilakukan dengan memilih pohon secara acak terarah yang dilakukan pada empat jenis pohon yang terdapat pada kondominium taman anggrek. Pemilihan jenis pohon disamakan pada dua kondisi lingkungan yang berbeda yaitu pada *roof garden* dan *non-roof garden*. Tanaman pohon yang dijadikan sampel adalah nusa indah (*Mussaenda erythophylla*), dadap merah (*Erythrina crista-galli*), bunga kupu-kupu (*Bauhinia purpurea*), dan palem ekor tupai (*Wodyetia bifurcata*). Pengambilan sampel daun pada pohon dilakukan untuk mengetahui kerapatan stomata, ketebalan kutikula, trikoma, ketebalan daun dan sampel akar dilakukan untuk mengetahui konduktivitas akar. Respon yang terjadi pada kondisi fisiologi tersebut akan menjelaskan perbandingan kondisi stres tanaman pada *roof garden* dan taman biasa.

Kondisi stres yang terdapat pada dua tempat yang berbeda dipengaruhi oleh berbagai macam hal, salah satunya adalah faktor iklim. Dari beberapa faktor iklim yang mempengaruhi terdapat tiga faktor yang dekat pengaruhnya yaitu angin, suhu dan kelembaban. Data iklim tersebut diperoleh dari pengukuran mandiri.

Pengamatan dilakukan pada dua lingkungan yang relatif heterogen. Selanjutnya perolehan data dilapang diolah dengan menggunakan analisis statistik regresi dengan hasil akhir yang akan menggambarkan perbedaan tingkat adaptasi pada jenis tanaman yang berbeda.

Pelaksanaan Penelitian

1. *Pre field work*, dilaksanakan sebelum penelitian. Kegiatan meliputi studi pustaka dan survei lapang. Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh informasi awal yang dibutuhkan dalam tahap persiapan, sedangkan survei lapang dilakukan untuk menentukan lokasi pengamatan dan pemilihan jenis pohon. Selain itu persiapan peralatan juga dilakukan. Syarat-syarat umum penentuan pohon untuk dijadikan sampel adalah :

- a) Pohon yang dijadikan sampel adalah pohon yang banyak digunakan dalam disain lanskap.
- b) Pohon tumbuh pada kondisi lanskap buatan (bukan lanskap alami).
- c) Cukup dewasa.
- d) Tiap jenis tanaman yang diamati seragam di kedua lokasi penelitian.

2. *Field work*, dilaksanakan saat penelitian di lapang. Kegiatan yang dilakukan berupa pengamatan serta pengambilan sampel di lapang. Pengamatan dan pengambilan data meliputi pengambilan data iklim dan pengambilan sampel yang dilakukan pada daun dan akar pohon untuk mengetahui karakteristik fisiologi dari seperti konduktivitas air, kepadatan dan panjang trikoma, kepadatan dan luas stomata, dan ketebalan daun. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a) Pengukuran unsur iklim mikro

Pengambilan sampel iklim meliputi kecepatan angin, suhu dan kelembaban udara yang dilakukan selama satu bulan penuh. Setiap sampel iklim diambil tiga kali sehari yaitu pada setiap perwakilan pagi (pk. 8.00-9.00), siang (pk.12.00-13.00) dan sore (pk.15.00-16.00). Terdapat beberapa hal yang perlu dihindari dalam pengukuran suhu udara yaitu (1) pengaruh radiasi secara langsung dari surya dan pantulan oleh benda-benda yang ada disekelilingnya, (2) gangguan dari tetesan air hujan, (3) tupan angin yang terlalu kencang, dan pengaruh radiasi bumi akibat pemanasan dan pendinginan permukaan tanah setempat.

- b) Pengambilan contoh daun dan akar

Pengambilan sampel daun dan akar dilakukan pada sore hari yaitu sekitar pukul 17.00. Pengambilan daun berjumlah 3 pada masing-masing sisi kiri dan kanan untuk masing-masing jenis tanaman. Agar didapat posisi daun yang sama pada tiap pohon, digunakan kompas sehingga pengambilan

mengarah ke sebelah utara, dengan sebelah barat dianggap pada sisi kiri dan sebelah timur sebagai sisi kanan. Daun yang diambil adalah daun yang cukup tua, kira-kira 4 helai dari ujung cabang. Kemudian setiap sampel daun diiris pada bagian tengah dan dimasukkan dalam tabung yang berisi larutan fiksasi yaitu alkohol 70%. Larutan fiksasi berguna untuk mencegah daun mengalami kekeringan dan perubahan anatomi daun. Sampel daun tersebut digunakan untuk mengetahui kepadatan dan luas stomata, ketebalan daun, jumlah dan panjang trikoma yang dapat diamati dengan bantuan mikroskop okuler. Untuk pengambilan sampel akar, dilakukan penggalian. Cara pengambilan sampel sama dengan pengambilan sampel pada daun, yaitu dengan menggunakan bantuan arah kompas untuk mendapatkan sampel yang sama antara satu pohon dengan pohon lainnya. Kemudian dalam akar diamati ukuran dan jumlah xilemnya yang berpengaruh pada kemampuan tanaman dalam menyerap air (konduktivitas akar). Pengamatan dilakukan dengan bantuan mikroskop okuler.

c) Observasi Visual

Observasi visual dilakukan secara sederhana dengan mempertimbangkan beberapa aspek seperti penampakan umum, yang meliputi kesegaran pohon dan kualitas daun seperti warna hijau daun dan ukuran daun.

3. *Post field work*, dilakukan di laboratorium. Kejadiannya meliputi tahapan selanjutnya setelah mengambil sampel di lapang yaitu pembuatan sediaan mikroskopis untuk daun dan akar yang terdiri dari irisan paradermal dan transversal. Studi pustaka dilakukan sebagai bahan rujukan dalam membandingkan vegetasi yang diamati.

Analisis

Dari hasil pengamatan mikroskopis dilakukan berbagai perhitungan untuk mendapatkan hasil nominal sehingga dapat diolah secara statistik, agar kemudian dapat dilakukan perbandingan satu dengan lainnya. Perhitungan yang dilakukan diantaranya adalah :

1. Perhitungan stomata

Sebelum menghitung jumlah stomata, daun sampel yang telah direndam di dalam larutan fiksasi alkohol 70% harus melalui serangkaian tahap. Tahap pertama, daun dikerik dengan silet pada bagian epidermis atas dan bawah. Ke

dua, daun direndam dalam larutan pemutih untuk menghilangkan zat hijau daun (klorofil) selama ± 5 menit. Lalu setelah itu direndam dalam larutan safranin encer selama ± 5 menit. Setelah siap, ditaruh diatas preparat dengan diteteskan gliserin dan ditutup dengan preparat penutup. Perhitungan dilakukan dengan menghitung jumlah stomata pada setiap epidermis yaitu epidermis atas dan bawah, dengan menggunakan alat *counter*. Selanjutnya jumlah stomata tersebut dikonversikan berdasarkan perbesaran mikroskop yang dilakukan. Pada pengamatan digunakan perbesaran 40 dengan menggunakan rumus :

$$\varnothing_{ok} = \varnothing_{ol} \frac{PL}{PK}$$

Dimana :

\varnothing_{ok} = Diameter perbesaran kuat
 \varnothing_{ol} = Diameter perbesaran lemah (2mm)
 PK = Perbesaran kuat (10x40)
 PL = Perbesaran lemah (10x10)

Hasil berupa diameter bidang pandang pada perbesaran tertentu. Kemudian dihitung kerapatan stomata per luas lensa perbesaran pada mikroskop, dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kerapatan stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Luas bidang perbesaran}}$$

2. Perhitungan trikoma

Setelah dilakukan perhitungan stomata, pada daun yang memiliki trikoma dapat langsung dihitung, dengan menggunakan *counter* sehingga didapat hasil akhir berupa kerapatan trikoma. Rumus yang digunakan pun sama.

3. Luas stomata

Dilakukan dengan mengukur diameter terpanjang dan terpendek dengan menggunakan grid yang disediakan pada mikroskop. Dari hasil grid tersebut dikonversikan ke milimeter (mm) dengan mengalikan hasil grid tersebut dengan konstanta 0,24 x 0,01 untuk perbesaran 10 x 40, mengalikan 0,97 x 0.01 untuk perbesaran 10 x 10 dan 2.39 x 0.01 untuk perbesaran 4 x 10. Selanjutnya luas dihitung dengan menggunakan rumus elips (px jari-jari besar x jari-jari kecil).

4. Panjang trikoma

Dilakukan pengukuran dengan menggunakan grid pada mikroskop yang selanjutnya dikonversikan ke mm sesuai perbesaran seperti pada no 3.

5. Tebal daun

Melalui metode parafin yaitu metode dengan menggunakan larutan alkohol bertahap untuk mengeluarkan zat cair dalam daun agar daun dapat

diamati secara melintang sehingga dapat dihitung tebal daun. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan grid pada mikroskop dan dikonversikan ke mm dengan perhitungan yang sama dengan no 3.

6. Konduktivitas akar

Dari sampel akar dilakukan sayatan membujur dengan menggunakan mikrotom geser, setelah diperoleh sayatan tipis, tidak seperti dalam pembuatan preparat jumlah stomata, sayatan tipis tersebut langsung diletakkan di atas gelas preparat kemudian ditetesi safranin encer dengan gliserin dan ditutup. Pada preparat dapat diketahui diameter xilem dengan mengukur grid pada mikroskop selanjutnya dikonversikan ke mm sesuai dengan perhitungan pada no.3. Jumlah xilem dihitung dengan bantuan *counter*. Perhitungan luas akar diperlukan agar nilai konduktivitas akar sebanding dengan luasnya. Setelah diperoleh diameter xilem dan jumlah xilem dimasukkan ke dalam rumus :

$$\text{Konduktivitas akar} = \frac{\{ \text{Rata-rata diameter xylem} / 2 \}^2 \times \pi \times \text{total pembuluh xylem}}{\text{Luas akar}}$$

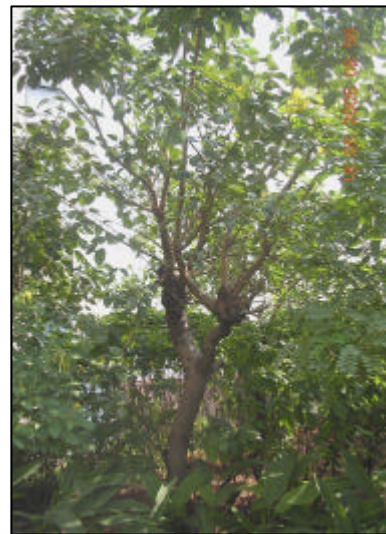
Hasil perhitungan di atas pada ke-4 jenis pohon dicari regresi sehingga diketahui korelasi dan *probability* yang terjadi. Probability diuji signifikansinya pada taraf 95%. Program yang digunakan adalah minitab 13. Dari hasil probability dapat diketahui hasil korelasi yang berbeda pada tanaman yang sama antara di *roof garden* dengan di *non-roof garden*, dimana perbedaan tersebut berasal dari ke-6 parameter anatomi tanaman yang diamati. Untuk melihat pengelompokan (*scatter plot*) jenis pohon yang terjadi dari korelasi ke-6 parameter yang diamati dilakukan dengan menggunakan program SPSS. Setelah itu dengan studi pustaka, hasil perhitungan dihubungkan dengan pengaruh terhadap proses fisiologi tumbuhan.

1.



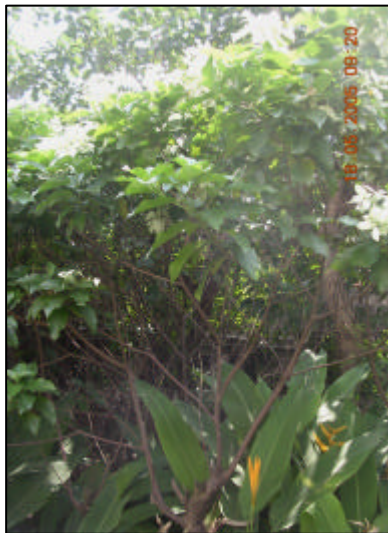
Bauhinia purpurea

2.



Erythrina christa-galli

3.



Mussaenda erythophylla



Wodyetia bifurcata

Gambar 4. contoh ke-4 sampel pohon yang diambil pada *roof garden*

1.



Bauhinia purpurea

2.



Erythrina christa-galli

3.



Mussaenda erythophylla

4.



Wodyetia bifurcata

Gambar 5. Contoh sampel pohon pada *non-roof garden*

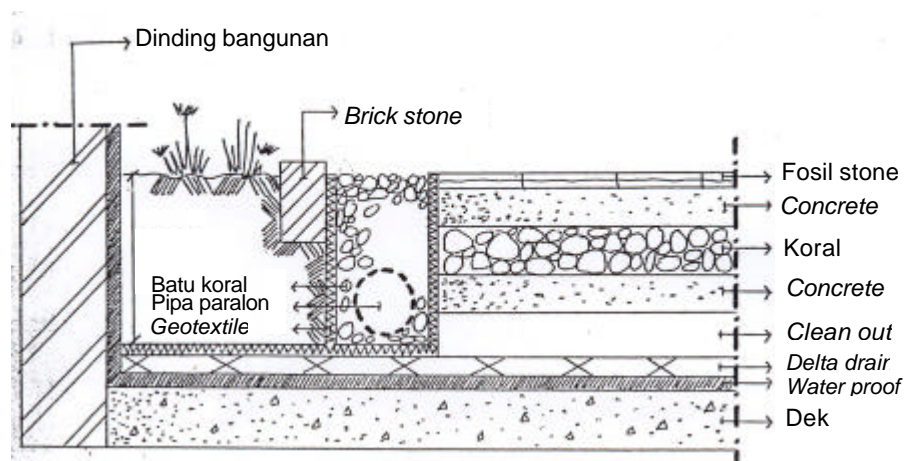
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Roof garden

Pengambilan sampel daun dan akar berasal dari *roof garden* dan *non-roof garden* pada kondominium Taman Anggrek, Jakarta Barat. Secara geografis, lokasi ini berada pada posisi 106° 47' BT dan 6° 10' LS. Perbatasan kondominium pada sebelah barat adalah Jalan Tanjung Duren, sebelah timur dengan Jalan S. Parman, sebelah selatan dengan Jalan Arteri Taman Anggrek, dan di sebelah utara berbatasan dengan tanah kosong. *Roof garden* pada bangunan ini memiliki luas 33.831 m² dan berada pada lantai 10 (42 m dpl) dari 47 lantai (151 m).

Pembangunan *roof garden* pada kondominium Taman Anggrek menggunakan teknologi konstruksi dasar *delta drain* dan *geotextile* (Gambar 6). Lapisan paling dasar merupakan lapisan *waterproof* yang ditempelkan pada lantai beton untuk mencegah kebocoran. Lapisan ini dilindungi oleh semen ringan untuk mencegah kerusakan. Kemudian selanjutnya lapisan drainase yang merupakan lapisan penting untuk mengalirkan kelebihan air agar kelembaban tanah tetap terjaga. Lapisan drainase ini terbuat dari bahan polimer dengan ketebalan 0,6 – 5,2 cm. Kemudian lapisan *Geotextile* (filter) yang berfungsi sebagai penyaring partikel – partikel media tanah agar tidak masuk ke dalam lapisan drainase. Pada tanah yang berkontur digunakan tambahan *Sterofom* agar ringan. Tanah yang digunakan merupakan tanah podzolik merah kuning yang telah dicampur dengan bahan organik 2 : 1, dengan kedalaman 0,3 – 1,5 m.



Gambar 6. Penampang *roof garden*

Non-roof garden

Lokasi *non-roof garden* merupakan area parkir yang berada pada lantai dasar (*ground*) mall taman anggrek (Gambar 7). Lokasi ini didominasi oleh perkerasan yang luas. Vegetasi ditanam di sekeliling area parkir dan di dalam area parkir dengan bentuk *traffic island*. Pengelolaan lokasi *non-roof garden* ini ditangani oleh departemen yang terpisah dengan *roof garden*.



Gambar 7. Lokasi *non-roof garden*

Kondisi Iklim Mikro

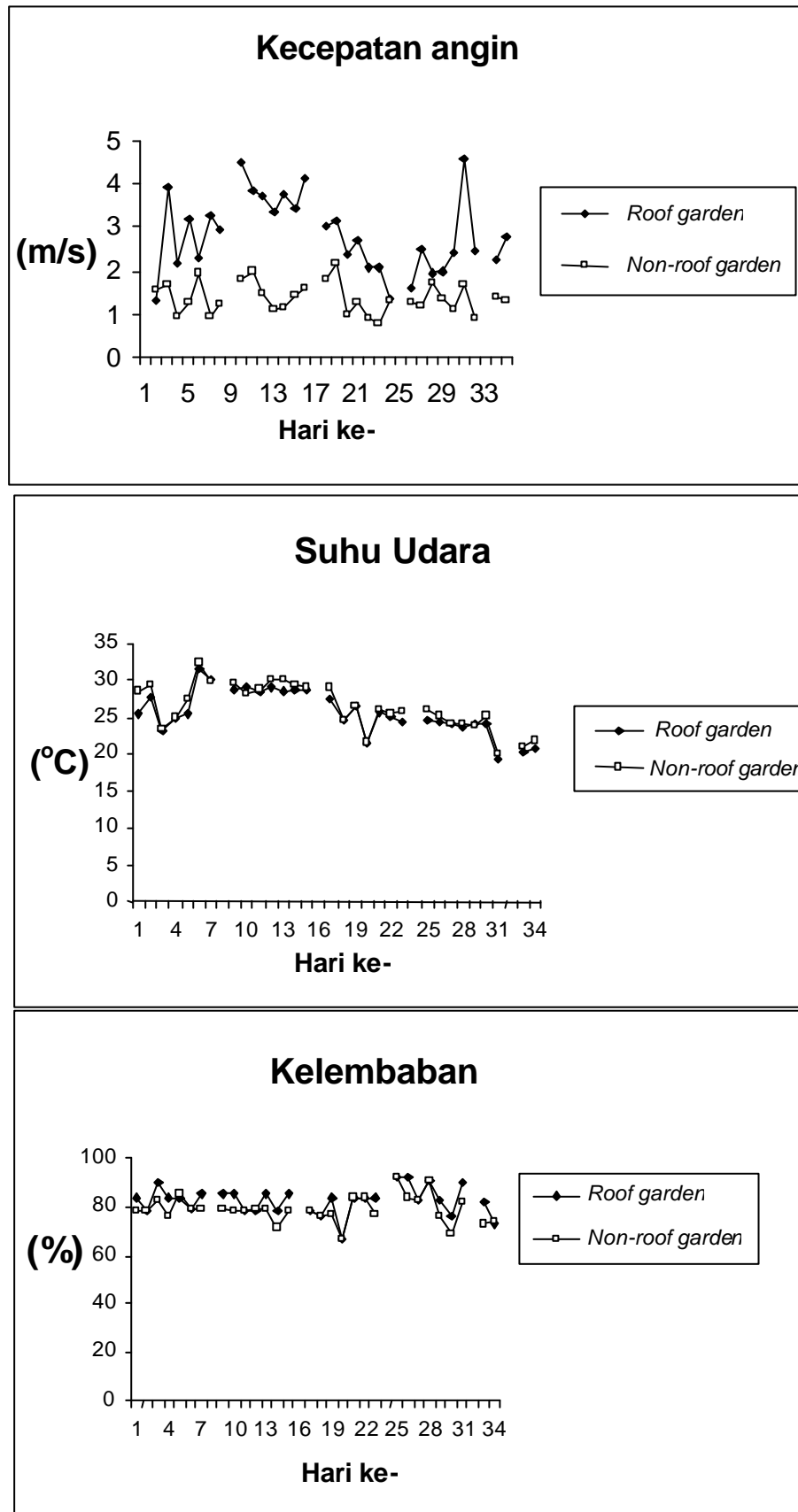
Pengukuran iklim mikro pada kondominium Taman Anggrek dilakukan pada pertengahan bulan April-Mei 2005, pada dua lokasi yang bersamaan yaitu daerah *roof* (atap) dan daerah *non-roof garden* (parkir). Pengukuran iklim mikro meliputi suhu, kelembaban dan kecepatan angin.

Berikut hasil pengukuran suhu, kelembaban dan kecepatan angin rata-rata bulanan .

Tabel 1. Rata-rata iklim bulan April-Mei 2005

Unsur Iklim	<i>Roof garden</i>			<i>Non-roof garden</i>		
	Min	Max	Rata-rata	Min	Max	Rata-rata
Suhu (°C)	19.4	31.6	25.7	20.2	32.3	26.4
Rh (%)	67	92	82.6	67	92	78.9
Kec. angin (m/s)	1.32	4.58	2.8	0.8	2.13	1.4

Sumber : Pengukuran mandiri kondominium taman anggrek April-Mei 2005



Gambar 8. Grafik pengamatan iklim per- hari

Dari hasil pengukuran unsur iklim pada Tabel 1 dan Gambar 6 diatas dapat diketahui perbedaan yang paling mencolok pada ke dua tempat adalah kecepatan angin. Kecepatan angin pada *roof garden* lebih besar dari *non-roof garden*. Keadaan ini dimulai pada waktu menjelang siang sampai malam hari, sehingga aktivitas penghuni yang paling banyak dilakukan adalah pada pagi hari seperti berjogging, berenang dan bermain, dan sisa waktu digunakan di dalam ruang. Akibat dari kondisi ini, beberapa vegetasi yang berada diluar, ditemukan beberapa helaian daun yang robek atau batang yang miring. Untuk beberapa vegetasi yang telah berhasil beradaptasi dengan baik tidak memperlihatkan adanya kerusakan kecuali untuk vegetasi yang baru ditanam akan menghadapi suatu tantangan iklim yang tidak biasa. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sulistyantara *et al.* (2004) bahwa terdapat beberapa kondisi iklim yang perlu diperhatikan dalam menentukan jenis tanaman adalah angin kencang dan suhu yang ekstrim.

Roof garden pada kondominium taman anggrek memiliki suhu yang lebih rendah dari daerah *non-roof garden*. Hal ini diluar dugaan sebelumnya dimana biasanya kondisi udara yang berada pada atap gedung yang tinggi akan memiliki suhu yang lebih tinggi dengan kelembaban yang rendah. Hal ini berhubungan dengan semakin jauh lokasi dari atas bumi maka panas yang diterima atap bangunan akan lebih cepat diterima. Dari hasil yang didapat, maka dapat dikatakan suhu udara *roof garden* tidak memperlihatkan adanya perbedaan yang signifikan dengan *non-roof garden*. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kecepatan angin yang tinggi sehingga dapat mendinginkan udara pada *roof garden*. Keberadaan vegetasi yang banyak di *roof garden* juga dapat mempengaruhi kelembaban udara sehingga menyebabkan kelembaban yang tinggi. Jumlah dan variasi vegetasi yang cukup dominan dan beraneka ragam, serta tata letak vegetasi maupun elemen keras yang telah disesuaikan dengan aktivitas tertentu dapat mengurangi suhu ekstrim yang mungkin terjadi. Sulistyantara *et al.* (2004) menyatakan bahwa pemanfaatan sinar matahari sebagai energi penggerak fotosintesis, maka akan mengurangi kesempatan menaikkan suhu udara, sehingga dapat dicapai suatu tingkat kenyamanan tertentu. Selanjutnya Sulistyantara *et al.* (2004) menambahkan keberadaan tanaman juga mampu meningkatkan kelembaban udara di sekitarnya, karena tanaman melakukan proses transpirasi dengan memanfaatkan air siraman sehari-harinya. peningkatan kelembaban udara tersebut akan meningkatkan kesegaran udara

yang diperlukan. Hal ini juga berlaku bagi tumbuhan yang dinyatakan dalam Kramer (1983) dalam Fukuara dan Soekotjo (1986) bahwa pertumbuhan tanaman umumnya lebih baik di daerah kelembaban tinggi dibanding dengan kelembaban rendah. Hal yang berlawanan terdapat pada *non-roof garden* dimana elemen yang dominan adalah perkerasan serta tidak adanya naungan menyebabkan suhu udara yang lebih tinggi dan kelembaban yang rendah dari *roof garden*.

Kondisi iklim pada bulan tersebut di *roof garden* memiliki suhu rata-rata yang hampir sama dengan suhu rata-rata di taman di bawahnya tetapi memiliki kecepatan angin yang ekstrim dan kelembaban yang tinggi, sehingga dapat dikatakan pada *roof garden* memiliki keadaan udara yang tidak terlalu panas dan memiliki kelembaban udara yang tinggi, tetapi tidak disertai dengan kecepatan angin yang memadai. Sulistyantara *et al.* (2004) menyatakan kecepatan angin yang normal adalah sekitar 2-5 km/jam atau 0,5-1,3 m/s. Kondisi yang sangat berangin ini dapat mengurangi tingkat kenyamanan manusia dan dapat mempengaruhi kondisi vegetasi yang ada.

Anatomi Vegetasi

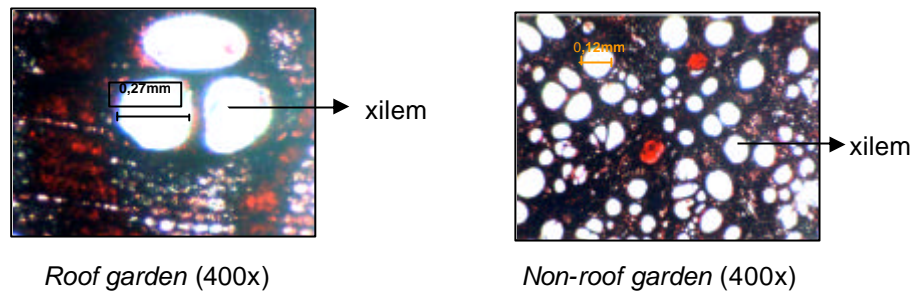
Hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 9-33. Setelah dilakukan pengamatan secara anatomi, diperoleh bahwa terdapat perbedaan kuantitatif ciri anatomis dan variasi pada tiap spesies vegetasi (Tabel Lampiran 3). Selanjutnya akan dibahas masing-masing pada 4 spesies pohon.

Bauhinia purpurea

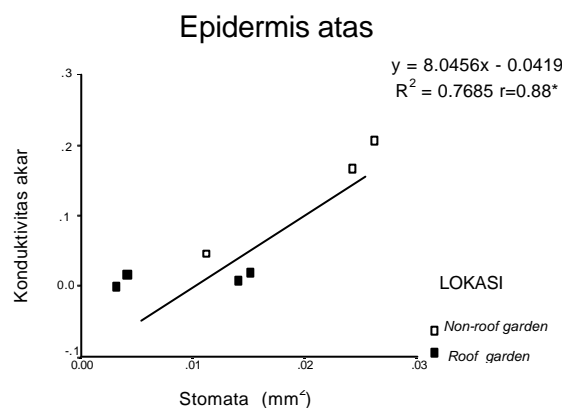
Stomata dan Konduktivitas akar

Konduktivitas akar dihitung untuk mengetahui daya akar dalam menyerap air. Konduktivitas akar rata-rata pada *roof garden* mencapai 0,015 mm² dan pada *non-roof garden* rata-ratanya 0,114 mm². Berdasarkan rumus, semakin tinggi nilai konduktivitas akar, akan sebanding dengan peningkatan jumlah xilem dengan diameter xilem yang mengecil (Gambar 9). Hal ini sesuai dengan pernyataan Kozinka dan Kolek (1991) bahwa telah diasumsikan semakin besar diameter pembuluh maka terlibat dengan pengangkutan air yang kecil dan sebaliknya, semakin besar volume air yang dapat diangkut maka dipengaruhi oleh diameter pembuluh yang kecil, sehingga semakin kecil nilai konduktivitas akar, maka semakin besar usaha akar untuk mencari sumber air dengan

memperluas jangkauan cabang akarnya. Pada lokasi taman anggrek, penyiraman dilakukan cukup baik dengan memperhatikan keadaan cuaca dan drainasenya, begitu pula pada *non-roof garden*, sehingga dapat dikatakan bahwa pada ke-2 tempat berada dalam kondisi yang cukup air.



Gambar 9. Pori xilem pada akar pohon kupu-kupu (*Bauhinia purpurea*)



Ket : * (signifikan pada $P = 0,011$)

Gambar 10. Grafik hubungan stomata dengan konduktivitas akar pohon kupu-kupu (*Bauhinia purpurea*)

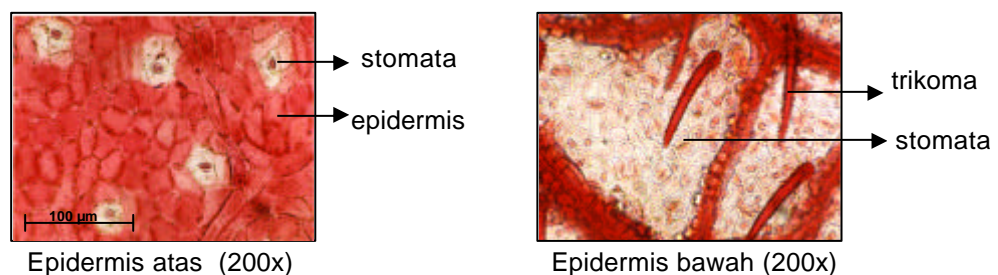
Hubungan konduktivitas akar dengan stomata adalah signifikan (Gambar 10), dimana peningkatan konduktivitas akar diikuti dengan jumlah dan besar stomatanya. Konduktivitas akar dapat meningkat akibat dari kondisi tanah yang kering, dimana akar akan memiliki jumlah cabang akar yang banyak dengan diameter kecil, begitu pula dengan jumlah dan besar stomata dapat meningkat akibat kondisi lingkungan yang kering dan panas seperti pada lokasi *non-roof garden*. Hal ini mendukung pernyataan Willmer (1983) dalam Croxdale (1999) bahwa tanaman yang tumbuh di daerah yang kering dan banyak mendapatkan penyinaran matahari akan mempunyai kerapatan stomata yang lebih besar dibandingkan tanaman yang tumbuh di daerah basah dan ternaungi.

Pada Gambar 10 memperlihatkan jumlah stomata dan konduktivitas akar yang memiliki nilai lebih kecil terdapat pada lokasi *roof garden*. Hal ini dapat diasumsikan bahwa tanaman *Bauhinia purpurea* beradaptasi pada keadaan lingkungan *roof garden* dengan mengurangi jumlah dan besar stomata dengan menurunkan konduktivitas akarnya. Hal ini dapat disebabkan oleh lokasi *roof garden* yang memiliki keadaan lingkungan dengan kecepatan angin yang lebih tinggi dari daerah *non-roof garden*.

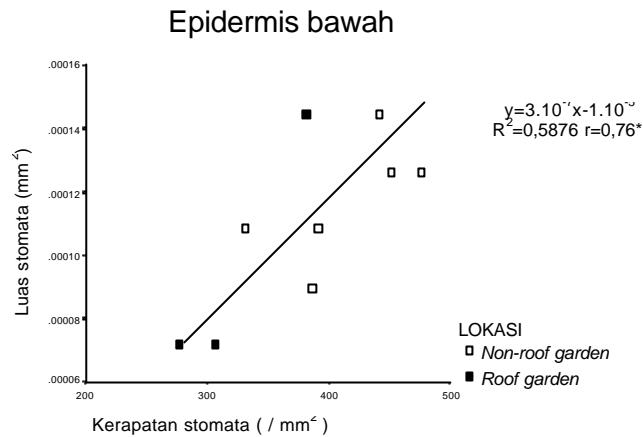
Stomata dan Luas Stomata

Dari hasil pengamatan, daun kupu-kupu memiliki stomata pada ke dua sisi epidermis (*amfistomatik*) dan memiliki pola *anomositik* (Gambar 11 dan 14). Pada pohon ini kerapatan stomata pada lokasi di *non-roof garden* baik pada epidermis atas maupun epidermis bawah adalah lebih besar jika dibandingkan dengan *roof garden*.

Hubungan kerapatan stomata dengan luas stomata adalah signifikan yang ditunjukkan dengan garis yang linier, dimana jumlah stomata yang besar memiliki luas stomata yang besar, begitu pula sebaliknya (Gambar 12). Hal ini berlawanan dengan pernyataan Meidner dan Mansfield (1975) bahwa terdapat kecenderungan stomata untuk memiliki ukuran yang lebih kecil jika jumlah mereka lebih banyak. Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, bahwa jumlah stomata yang besar dipengaruhi oleh kelembaban yang rendah seperti kondisi pada *non-roof garden*. Penambahan jumlah stomata dengan diiringi luas stomata yang besar, dapat diasumsikan sebagai bentuk adaptasi tanaman terhadap lingkungan sekitar akibat dari kebutuhan penguapan yang lebih besar. Hal yang sebaliknya diasumsikan terjadi pada lokasi *roof garden* sebagai bentuk adaptasi dengan keadaan lingkungan yang lebih lembab, namun memiliki kecepatan angin yang lebih tinggi maka akan cenderung memiliki jumlah dan luas stomata yang lebih kecil.



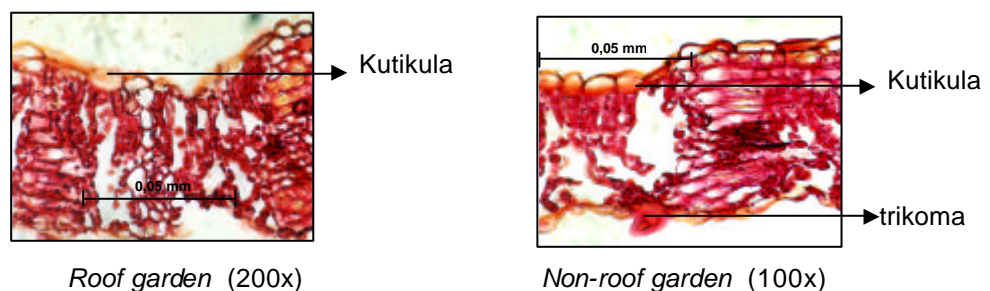
Gambar 11. Anatomi daun kupu-kupu (*Bauhinia purpurea*) di *roof garden*



Ket : * (signifikan pada $P = 0,016$)

Gambar 12. Grafik hubungan kerapatan stomata dengan luas stomata pada pohon kupu-kupu (*Bauhinia purpurea*)

Ciri adaptasi lain yang ditemukan pada daun yaitu adanya lapisan lilin yang ditunjukkan pada Gambar 13 yang berwarna merah tipis. Bentuk ini ditemukan baik pada lokasi *roof garden* maupun *non-roof garden*. Hal ini menunjukkan baik pada lokasi *roof garden* maupun *non-roof garden* transpirasi yang berlebihan dibatasi oleh adanya lapisan lilin. Fahn (1991) menyatakan bahwa dalam lapisan kutikula, mungkin dijumpai adanya lilin yang dapat membiaskan cahaya. Selanjutnya dinyatakan kembali bahwa adanya lapisan lilin menyebabkan banyak daun dan buah menjadi berkilat, dan penting untuk menjaga kelembaban permukaan.

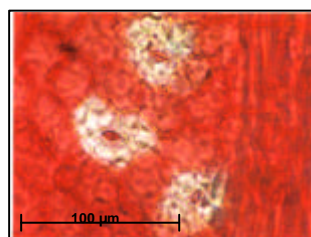


Gambar 13. Penampang melintang daun kupu-kupu (*Bauhinia purpurea*)

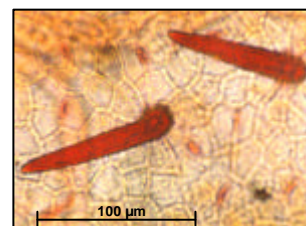
Stomata dan Trikoma

Setelah dilakukan pengamatan dibawah mikroskop, diketahui bahwa sebagian besar trikoma pada pohon *Bauhinia purpurea* terdapat di bagian bawah epidermis dengan bentuk trikoma uniseluler sederhana. Trikoma yang dimiliki tanaman *Bauhinia purpurea* merupakan trikoma mati. Menurut Fahn (1991) trikoma hidup dengan sendirinya akan kehilangan air, sehingga tidak melindungi

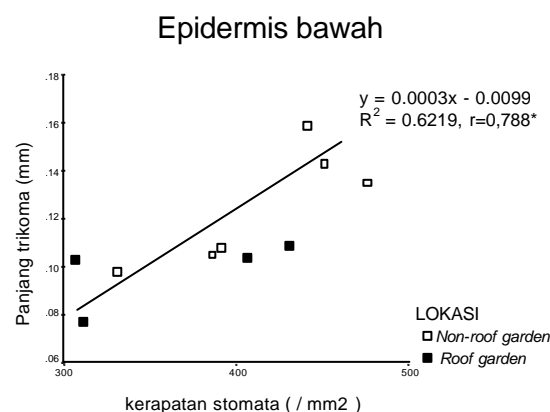
tumbuhan terhadap transpirasi yang berlebihan sebagaimana trikoma mati yang berfungsi sebagai lapisan pelindung. Trikoma pada pohon ini dimiliki pada masing-masing pohon yaitu di *roof garden* dan di *non-roof garden*. Keadaan *non-roof garden* yang terkena sinar matahari penuh dan memiliki kelembaban yang rendah dapat meningkatkan jumlah stomata. Pada Gambar 15 dapat dilihat hubungan yang signifikan antara jumlah stomata dan panjang trikoma pada epidermis bawah. Peningkatan jumlah stomata yang diiringi dengan peningkatan panjang trikoma dapat diasumsikan sebagai bentuk adaptasi untuk mengurangi tingkat penguapan, dimana pada lokasi *roof garden* tingkat penguapan dapat terjadi akibat kondisi kecepatan angin yang tinggi sedangkan pada lokasi *non-roof garden* dapat meningkat dengan keadaan suhunya yang lebih tinggi dengan kelembaban yang rendah. Menurut Fitter dan Hay (1981), sifat morfologis lain yang dapat menyokong kemampuan hidup tanaman di iklim yang kering adalah terbentuknya rambut daun terutama yang melingkari stomata, yang mengakibatkan bertambahnya ketebalan dan karena itu, juga mempengaruhi tahanan terhadap hilangnya air dari lapisan batas daun.



Epidermis atas (400x)



Epidermis bawah (400x)

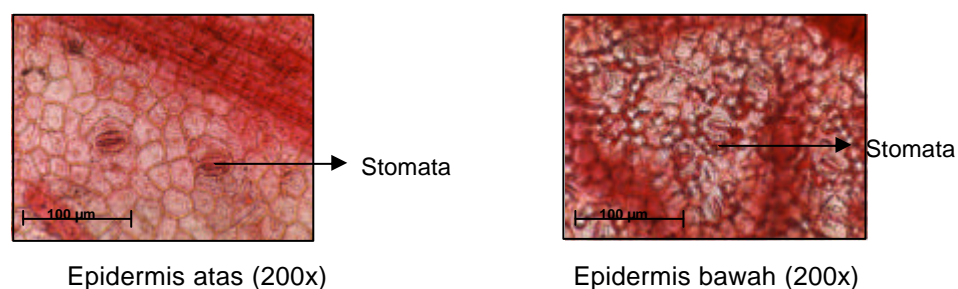
Gambar 14. Anatomi daun kupu-kupu (*Bauhinia purpurea*) di *non-roof garden*Gambar 15. Grafik hubungan kerapatan stomata dengan panjang trikoma pohon kupu-kupu (*Bauhinia purpurea*)

Secara visual tanaman berada pada kategori baik pada penampakan keseluruhan serta kualitas daun yang baik. Keberadaan pohon ini di lingkungan yang ekstrim tetap dirasakan memiliki fungsi estetis dan kenyamanan. Fungsinya di tapak sebagai pohon peneduh tetap dirasakan dan tetap dapat berperan dalam mengurangi suhu yang tinggi. Dari penampakan luar, keadaan pohon ini tidak menunjukkan adanya gejala stres akibat lingkungan baik dilihat dari pembungaanya, warna bunga, bentuk dan warna daun. Hal ini menandakan pohon kupu-kupu (*Bauhinia purpurea*) dapat beradaptasi dengan baik dengan lingkungan ekstrim *roof garden*.

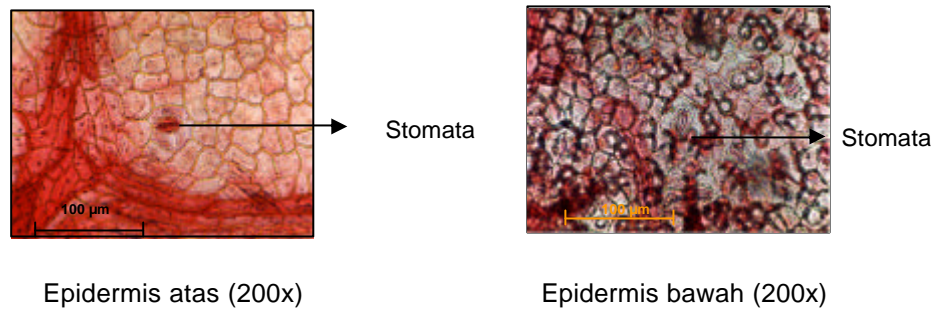
Erythrina christa-galli

Stomata dan Konduktivitas Akar

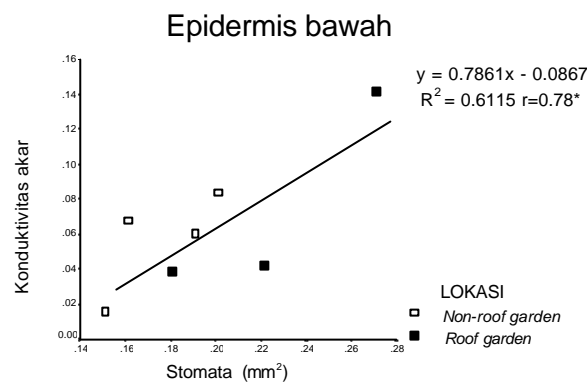
Dari hasil pengamatan, daun dadap merah memiliki stomata pada ke dua permukaan epidermis atau merupakan daun *amfistomatik* dengan pola *anomositik* (Gambar 16 dan 17). Kerapatan stomata di *roof garden* pada epidermis atas mencapai 13,3 per mm² dan epidermis bawah 174,2 per mm², sedangkan pada *non-roof garden* epidermis atas 15,8 per mm² dan epidermis bawah 146,7 per mm². Perbedaan iklim mikro di *roof garden* dengan *non-roof garden* berpengaruh pada pohon ini. Keadaan kelembaban di *non-roof garden* yang lebih rendah dari *roof garden* dapat menyebabkan kerapatan stomata menjadi lebih tinggi pada epidermis atasnya. Berbeda dengan pohon sebelumnya, pada pohon ini tidak menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara kerapatan stomata dengan luas stomata, dimana luas stomata tidak dipengaruhi oleh kerapatan stomata dan bentuk trikoma tidak ditemukan pada pohon ini.



Gambar 16. Anatomi daun dadap merah (*Erythrina christa-galli*) di *roof garden*



Gambar 17. Anatomi daun dadap merah (*Erythrina christa-galli*) di *non-roof garden*

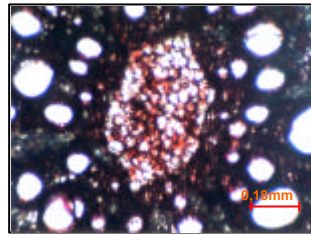


Ket : * (signifikan pada $P = 0,033$)

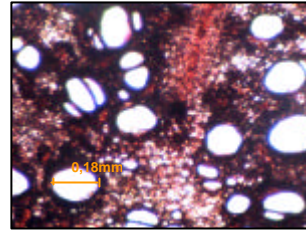
Gambar 18. Grafik hubungan stomata dengan konduktivitas akar pohon dadap merah (*Erythrina christa-galli*)

Hasil perhitungan konduktivitas akar pohon dadap merah (*Erythrina christa-galli*) pada *roof garden* adalah $0,06 \text{ mm}^2$ dan pada *non-roof garden* sebesar $0,058 \text{ mm}^2$. Hasil ini menunjukkan nilai yang tidak berbeda jauh, yang dapat ditunjukkan Gambar 19. Pada gambar tersebut terlihat diameter xylem yang hampir sama besar di dua lokasi. Menurut Kolek dan Kozinka (1991) kapasitas konduktivitas memberikan informasi tentang banyaknya air yang dapat dilalui dalam elemen penghantar pada tabung kapiler. Berdasarkan pernyataan yang telah dikemukakan sebelumnya, hal ini menunjukkan bahwa laju penyerapan air pada *roof garden* lebih cepat karena memiliki nilai yang lebih besar, dimana diameter pembuluh xilem kecil dengan jumlah pembuluh yang banyak. Jika dihubungkan dengan stomata, pada Gambar 18 menunjukkan hubungan yang signifikan antara konduktivitas akar dengan stomata, tetapi pada grafik tersebut diketahui hasil sampel pada *roof garden* menunjukkan pola yang belum dapat dibedakan dengan lokasi *non-roof garden*. Hal ini dapat diasumsikan bahwa nilai tersebut tidak menunjukkan penciri tanaman dapat

beradaptasi atau tidak, sehingga diduga terdapat faktor lain yang belum ditemukan.



Roof garden (50x)

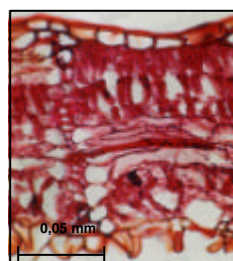


Non-roof garden (50x)

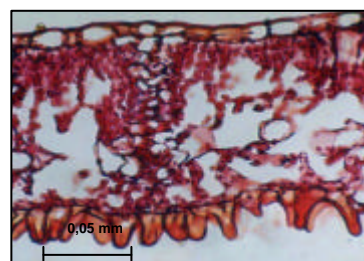
Gambar 19. Pori xilem pada akar dadap merah (*Erythrina christa-galli*)

Penampang melintang daun (Gambar 20) menunjukkan epidermis bawah memiliki bentuk yang berbeda dengan tanaman lain yaitu memiliki bentuk seperti tonjolan menyerupai trikoma. Tonjolan tersebut dinamakan papil. Bentuk ini ditemukan baik pada lokasi *roof garden* maupun *non-roof garden*. Kemudian pada perbesaran yang sama, diketahui daun di *roof garden* memiliki lapisan lilin yang lebih tebal dari di *non-roof garden*. Hal ini berperan dalam mengurangi penguapan pada daun. Diperkirakan bentuk ini dapat merupakan ciri adaptasi lain yang dimiliki pohon ini.

Penampakan yang sehat yang terlihat dari luar tanaman belum tentu menggambarkan keadaan pohon yang sebenarnya. Banyak daun yang dapat bertahan hidup dengan mengalami kerusakan pada pembuluh utamanya dan tetap memiliki kondisi yang sehat. Walaupun tidak terlihat, kerusakan yang dialami dapat menjadi besar sehingga mempengaruhi persediaan air pada daun sehingga menyebabkan stomata menutup untuk menghindari kehilangan air (Sack *et al.*, 2003).



Roof garden (100x)



Non-roof garden (100x)

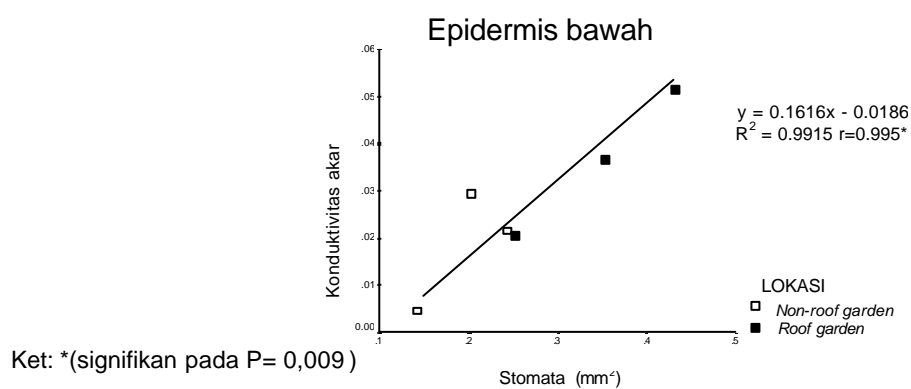
Gambar 20. Penampang melintang daun dadap merah (*Erythrina charista-galli*)

Secara visual, tanaman menunjukkan kriteria yang buruk yang terlihat pada pertumbuhan yang sedikit terhambat serta kesan yang kering. Hal ini menyebabkan fungsi pohon sebagai peneduh tidak berfungsi dengan baik.

Mussaenda erythophylla

Stomata dan Konduktivitas akar

Hasil pengamatan di bawah mikroskop menemukan bahwa pada permukaan epidermis atas tidak ditemukan adanya stomata (*hipostomatik*) dan stomata berpola *anomositik* (Gambar 22 dan 25). Hal ini dapat menunjukkan aktivitas transpirasi, respirasi maupun fotosintesis akan lebih banyak dilakukan di bagian bawah daun. Pada Gambar 21 menunjukkan hubungan konduktivitas akar dengan stomata yang signifikan, yang dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi sebesar 99,5% dimana besarnya nilai konduktivitas akar akan sangat dipengaruhi oleh jumlah stomata. Setiap nilai sampel stomata yang kecil memiliki nilai sampel konduktivitas akar yang kecil, dan setiap nilai konduktivitas akar yang besar memiliki jumlah stomata yang banyak. Pada lokasi *roof garden* nilai sampel yang dihasilkan berpola konsisten dengan nilai yang cenderung besar. Keadaan stomata dengan konduktivitas akar yang besar dapat diasumsikan bahwa besar air yang melalui pohon adalah besar. Pada keadaan lingkungan seperti *roof garden* yang memiliki kecepatan angin yang besar, diasumsikan pohon nusa indah cenderung untuk menyerap banyak air dari tanah (konduktivitas akar) dengan pengeluaran air yang melewati stomata besar. Hal ini menunjukkan bahwa pohon ini mencirikan keadaan yang tidak tahan terhadap kondisi *roof garden*.

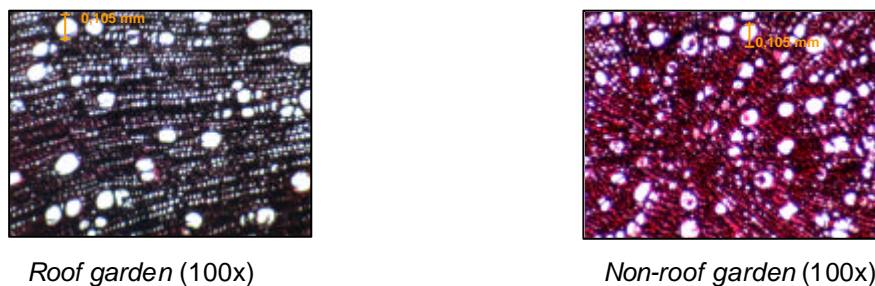


Gambar 21. Grafik hubungan stomata dengan konduktivitas akar pada pohon nusa indah (*Mussaenda erythophylla*)



Gambar 22. Anatomi daun nusa indah (*Mussaenda erythrophylla*) di *non-roof garden*

Pori xilem yang ditunjukkan Gambar 23 memberi gambaran bahwa jumlah pori xilem pada lokasi *non-roof garden* lebih banyak namun memiliki diameter yang lebih kecil. Hal ini menghasilkan nilai konduktivitas akar yang besar yaitu sebesar $0,031 \text{ mm}^2$. Pola ini menggambarkan keadaan pada *non-roof garden* yang kering yang menyebabkan pohon mengalami defisit air sehingga pohon meningkatkan konduktivitas akar atau meningkatkan kemampuan dalam menyerap air agar kebutuhan air dapat terpenuhi. Sebaliknya pada *roof garden* memiliki jumlah xilem yang lebih sedikit namun memiliki diameter yang lebih besar, sehingga nilai konduktivitas akarnya lebih kecil yaitu dengan nilai $0,029 \text{ mm}^2$. Hal ini dapat dijelaskan dari kelembaban pada daerah *roof garden* yang lebih tinggi.

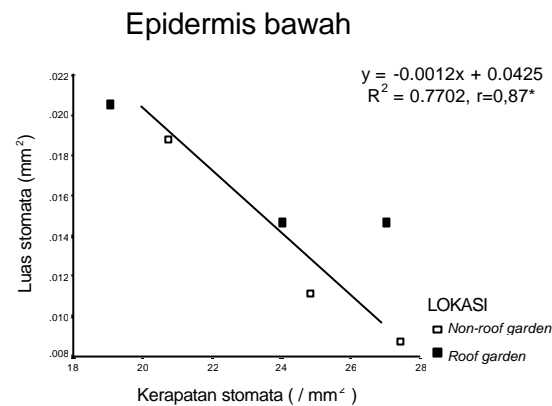


Gambar 23. Pori xilem akar nusa indah (*Mussaenda erythrophylla*)

Stomata dan Luas Stomata

Hubungan yang signifikan antara luas stomata dengan kerapatan stomata ditunjukkan pada Gambar 24. Hubungan tersebut menunjukkan luas stomata yang sangat dipengaruhi oleh kerapatan stomata. Semakin banyak jumlah stomata mengakibatkan luas stomata yang semakin kecil, namun pada grafik dapat diketahui pula bahwa pada lokasi *roof garden* nilai yang dihasilkan tidak

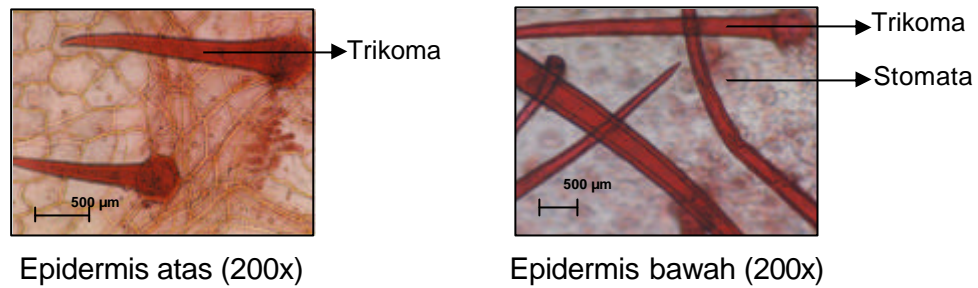
dapat dibedakan dengan jelas dengan lokasi pada *non-roof garden*. Sehingga hubungan ini belum dapat menggambarkan ciri adaptasi pada pohon ini.



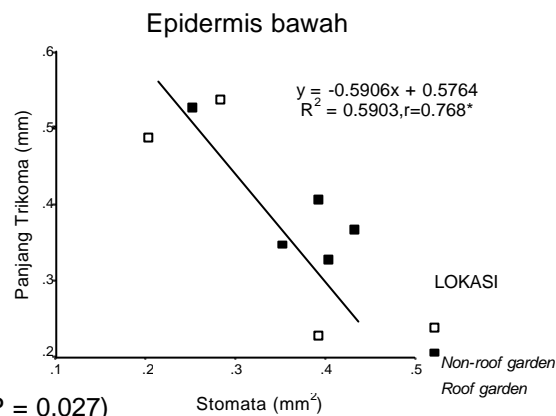
Gambar 24. Grafik hubungan kerapatan stomata dengan luas stomata pada pohon nusa indah (*Mussaenda erythophylla*)

Stomata dan Trikoma

Sama seperti pohon kupu-kupu, trikoma pada pohon ini berjenis uniseluler sederhana dan merupakan trikoma mati. Kerapatan dan panjang trikoma pada epidermis atas di *roof garden* adalah 2,7 per mm^2 dengan panjang rata-rata 0,29 mm pada epidermis bawah kerapatan trikoma adalah 1 per mm^2 dengan panjang rata-rata 0,41 mm. Pada Gambar 26 menunjukkan grafik hubungan yang signifikan antara stomata dengan panjang trikoma dengan nilai koefisien korelasi sebesar 76,8%. Hubungan ini menunjukkan bahwa panjang trikoma sangat dipengaruhi oleh kerapatan stomata, namun pohon ini menunjukkan hal yang berlawanan dengan pohon kupu-kupu dimana panjang trikoma tidak diiringi dengan jumlah dan pembukaan stomata. Sehingga semakin besar kerapatan stomata menyebabkan semakin kecil panjang trikoma. Pada kondisi yang memiliki kecepatan angin besar seperti pada *roof garden*, akan cenderung terjadi banyak penguapan. Hubungan yang ditunjukkan pada grafik ini tidak menunjukkan panjang trikoma yang memadai. Pola seperti ini dapat diasumsikan bahwa pohon nusa indah tidak dapat beradaptasi dengan baik pada keadaan yang ekstrim seperti pada *roof garden*.

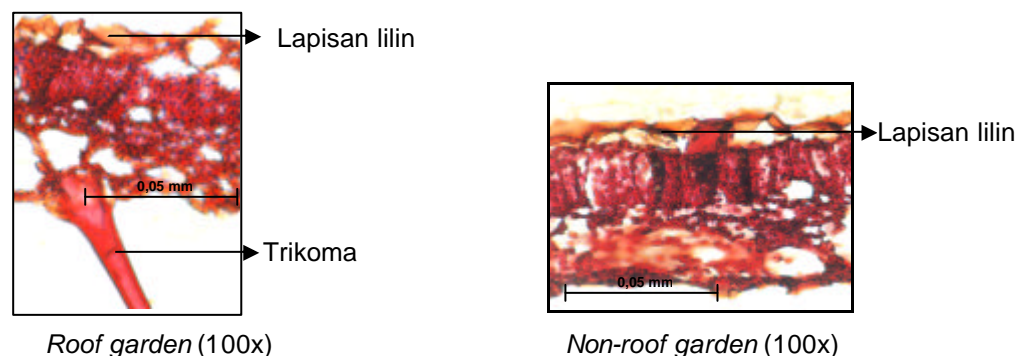


Gambar 25. Anatomi daun nusa indah (*Mussaenda erythophylla*) di *roof garden*



Gambar 26. Grafik hubungan stomata dengan panjang trikoma pohon nusa indah (*Mussaenda erythophylla*)

Penampang melintang daun nusa indah pada Gambar 27 terlihat memiliki lapisan lilin pada di ke dua lokasi pada epidermis atasnya. Hal ini merupakan bentuk perlindungan tanaman untuk menjaga daun dari penguapan yang berlebihan dari keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan.



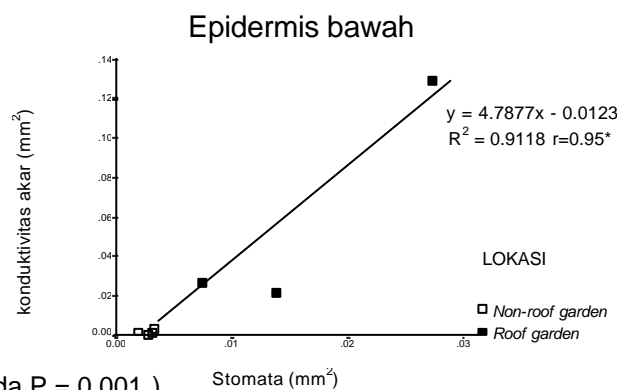
Gambar 27. Penampang melintang daun nusa indah (*Mussaenda erythophylla*)

Secara visual, pohon pada lokasi *roof garden* memiliki keadaan yang tidak berbeda dengan pohon nusa indah lainnya, namun kualitas daun yang dimiliki kurang baik ditinjau dari kehijauan daun serta kesegaran daunnya.

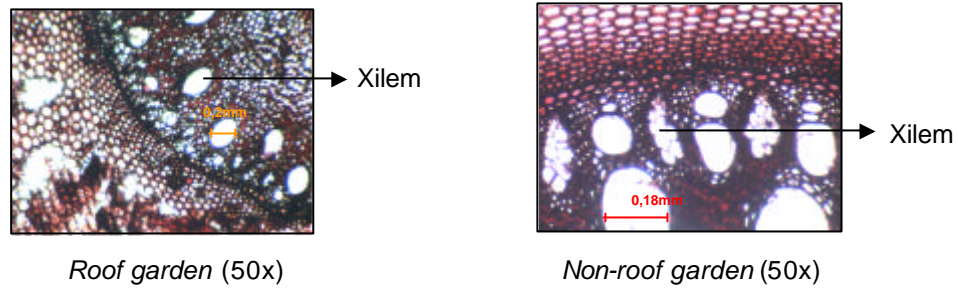
Wodyetia bifurcata

Stomata dan Konduktivitas akar

Konduktivitas akar pohon palem pada lokasi *roof garden* adalah 0,069 mm² sedangkan pada *non-roof garden* adalah 0,003 mm². Hasil ini sesuai dengan Gambar 29 dimana irisan transversal akar pohon palem ekor tupai pada lokasi *roof garden* menunjukkan diameter yang lebih kecil namun memiliki jumlah yang banyak sehingga nilai konduktivitas akar lebih besar. Hal ini menunjukkan kemampuan akar dalam menyerap air lebih besar di *roof garden* dibanding dengan *non-roof garden*. Menurut hasil perhitungan *probability*, yang disajikan dalam bentuk grafik *scatter plot* (Gambar 28) terdapat hubungan yang signifikan antara stomata dengan konduktivitas akar, dengan nilai konduktivitas akar yang sangat dipengaruhi oleh kerapatan stomata dengan setiap nilai jumlah stomata yang besar memiliki nilai konduktivitas akar yang besar, dan nilai konduktivitas akar yang kecil akan memiliki nilai stomata yang kecil. Pola yang dimiliki lokasi *roof garden* menunjukkan pola yang ekstrim tinggi. Pola ini serupa dengan hubungan yang sama pada pohon nusa indah, sehingga diasumsikan bahwa pada hubungan ini pohon palem memiliki penyerapan yang besar yang ditandai dengan konduktivitas akar yang tinggi dengan pengeluaran air yang tinggi yang ditandai dengan jumlah stomata yang tinggi. Dapat diasumsikan bahwa pohon ini tidak tahan terhadap kondisi *roof garden*.



Gambar 28. Grafik hubungan stomata dengan konduktivitas akar pohon palem ekor tupai (*Wodyetia bifurcata*)

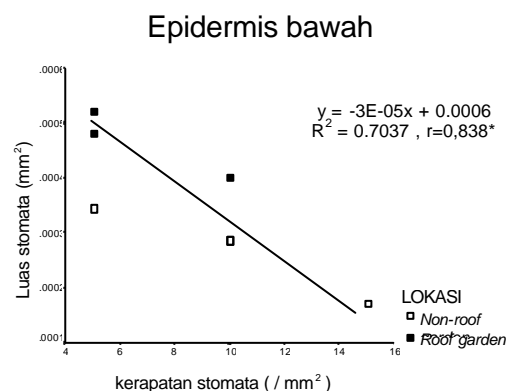


Gambar 29. Pori xilem pada palem ekor tupai (*Wodyetia bifurcata*)

Stomata dan Luas stomata

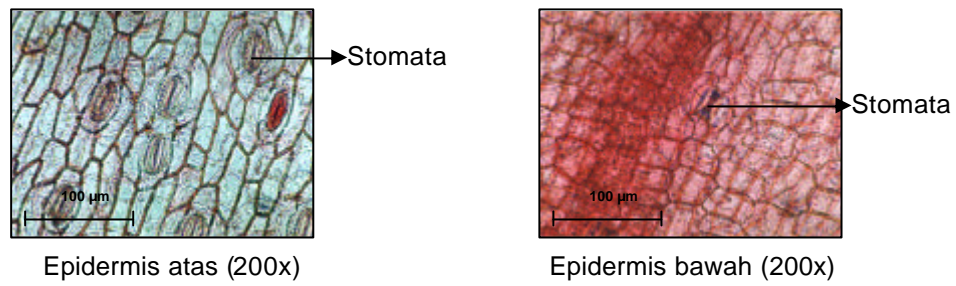
Dari hasil pengamatan anatomis, dapat diketahui pola stomata pada daun ini adalah *diasitik* (Gambar 31 dan 32) dengan epidermis atas jumlah stomata lebih banyak dari epidermis bawah (*epistomatik*). Pada Gambar 30, dapat diketahui grafik hubungan kerapatan stomata dengan luas stomata yang memiliki hubungan negatif namun signifikan dengan pola semakin rapat stomata, maka luas stomata semakin mengecil. Hal ini dapat menggambarkan keadaan pohon pada *roof garden* memiliki ukuran stomata yang lebih besar dengan jumlah stomata yang kecil. Bentuk seperti ini dapat diasumsikan sebagai bentuk adaptasi pohon di *roof garden*.

Secara visual, pohon palem ekor tupai ini memiliki nilai plus pada bentuk tajuknya yang unik yang ditopang dengan batang yang tinggi dengan ketinggian yang dapat melebihi 10 m. Pertumbuhannya yang normal serta kesan yang segar memberikan keindahan pohon pada *roof garden*.

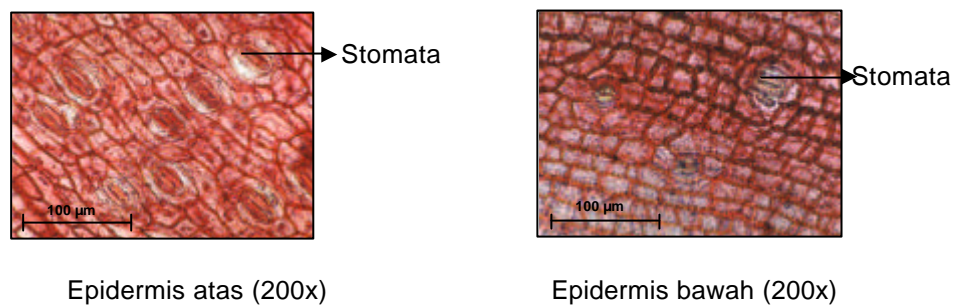


Ket : *(signifikan pada $P = 0,018$)

Gambar 30. Grafik hubungan kerapatan stomata dengan luas stomata pohon palem ekor tupai (*Wodyetia bifurcata*)

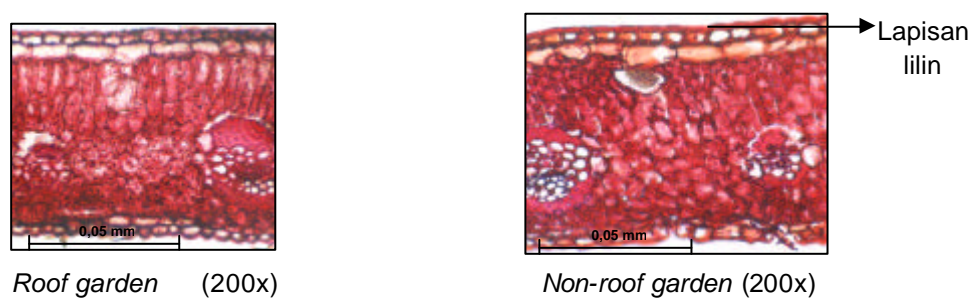


Gambar 31. Anatomi daun palem ekor tupai (*Wodyetia bifurcata*) di *roof garden*



Gambar 32. Anatomi daun palem ekor tupai (*Wodyetia bifurcata*) di *non-roof garden*.

Pada penampang melintang daun palem (Gambar 33), dapat ditemukan bahwa lapisan lilin (berwarna merah transparan) terlihat pada daun di *non-roof garden*. Lapisan lilin ini dapat dapat membantu tanaman dalam membatasi transpirasi yang berlebih dan menjaga permukaan daun tetap lembab.



Gambar 33. Penampang melintang daun palem ekor tupai (*Wodyetia bifurcata*)

Pembahasan Umum

Roof garden pada kondominium taman anggrek merupakan *roof garden* yang telah dikelola dengan baik. Pengelolaan yang teratur merupakan hal yang sangat penting sebab *roof garden* pada kondominium Taman Anggrek merupakan bagian dari tempat hunian, sehingga lebih memprioritaskan keindahan dan kenyamanan. Pengelolaan yang baik pada *roof garden* akan menghasilkan keadaan lingkungan yang berbeda dengan *roof garden* yang belum dikelola dengan baik. Keadaan lingkungan *roof garden* yang belum dikelola dengan baik mungkin cenderung memiliki suhu yang tinggi, kelembaban yang rendah serta kecepatan angin yang tinggi. Walaupun demikian, sebuah *roof garden* akan tetap menghadapi tantangan besar, salah satunya kecepatan angin yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh letaknya yang berada pada bangunan yang tinggi.

Berdasarkan pembahasan pada sub-bab sebelumnya, diketahui berbagai bentuk adaptasi yang berbeda-beda dimiliki oleh pohon yang hidup pada *roof garden*. Bentuk adaptasi yang ditemukan pada daun terdapat pada lapisan epidermis atas maupun epidermis bawah. Bentuk adaptasi tersebut diantaranya adanya lapisan lilin, trikoma, serta jumlah dan ukuran stomata yang bervariasi. Bentuk adaptasi pada akar berupa kemampuan akar dalam menyerap sejumlah air di dalam tanah yang diukur melalui besar konduktivitas akarnya dari perhitungan jumlah pori xilem per luas penampang akarnya. Keadaan lingkungan dengan kecepatan angin yang tinggi dapat meningkatkan laju pengeluaran air. Untuk itu bentuk pertahanan seperti kemampuan dalam menyimpan air akan sangat penting dibutuhkan. Bentuk tersebut dapat dilihat dari bentuk modifikasi jumlah dan luas stomata yang lebih kecil sehingga pengeluaran air yang melalui stomata dapat lebih kecil. Hal ini dapat mempengaruhi besar penyerapan air menjadi lebih kecil. Bentuk adaptasi lain yang mendukung adalah adanya lapisan lilin dan panjang trikoma yang memadai yang berada di sekitar stomata.

Dari hasil penelitian, konduktivitas yang berhubungan dengan stomata daun terdapat pada tanaman *Bauhinia purpurea*, dan *Wodyetia bifurcata*, sehingga menunjukkan bahwa konduktivitas merupakan bentuk adaptasi yang signifikan pada lingkungan *roof garden*. Namun pada pohon *Erythrina christa-galli* dan *Mussaenda erythophylla* menunjukkan bahwa bentuk adaptasi merupakan fenomena yang kompleks yang dipengaruhi oleh bentuk anatomi lain seperti lapisan lilin dan trikoma.

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

1. Secara umum keadaan di lokasi *roof garden* dan *non-roof garden* berpengaruh terhadap pola adaptasi tanaman.
2. Pohon Kupu-kupu (*Bauhinia purpurea*) dapat beradaptasi dengan baik, ditinjau dari hubungan konduktivitas akar dengan stomata dan panjang trikoma yang menunjukkan penyesuaian, sehingga pohon ini dapat digunakan pada daerah yang tidak biasa (ekstrim). Secara visual yang dilihat dari keadaan pertumbuhan, kesegaran serta kehijauan daun, pohon ini menunjukkan bentuk yang lebih baik dari pohon lainnya.
3. Pohon dadap merah (*Erythrina christa-galli*) diperkirakan merupakan pohon yang menunjukkan bentuk adaptasi yang kompleks yang dapat dipengaruhi oleh lapisan lilin maupun bentuk adaptasi lain yang belum diketahui.
4. Pohon nusa indah (*Mussaenda erythophylla*) merupakan tanaman yang tidak tahan berada pada *roof garden*, hal ini ditinjau dari bentuk trikoma yang kurang mendukung pohon untuk hidup di lingkungan *roof garden*.
5. Pohon palem ekor tupai (*Wodyetia bifurcata*) diasumsikan dapat beradaptasi dengan penyesuaian dari stomatanya sehingga dapat mengurangi penguapan yang berlebihan akibat keadaan angin yang kencang pada *roof garden*.

SARAN

Pohon dengan daun yang memiliki trikoma (rambut) dan lapisan lilin dapat direkomendasikan sebagai pohon yang baik digunakan pada lokasi *roof garden*. Walaupun demikian, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengamatan visual estetika pohon-pohon yang sering digunakan dalam desain lanskap secara lebih mendetail dan lengkap. Selain itu Identifikasi faktor-faktor ganda (*Multiple factor*) yang dapat mempengaruhi adaptasi, serta pengukuran konduktivitas stomata perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [Anonim]. 2004. *1002 Fakta dan Data*. [Http: //www.e-smartschool.com/PNV/001/PNV0010006.asp](http://www.e-smartschool.com/PNV/001/PNV0010006.asp) [3 Agustus 2005].
- [Anonim]. 2004. *Udara*. [http:// www.menlh.go.id/acil/udara.html](http://www.menlh.go.id/acil/udara.html) [3 Agustus 2005].
- Burnie G, et al. 1998. *Botanica the illustrated A-Z of Over 10,000 garden plants & how to cultivate them*. Singapore: Periplus (HK).
- Croxdale J. 2000. Stomatal Patterning in Angiosperms. *Am J Bot* 87:1069-1080.
- Eshel A, Waisel Y, Kafkafi U. 2002. *Plant Roots the Hidden Half*, third ed. New York, Basel :Marcel Dekker, Inc.
- Fahn A. 1991. *Anatomi Tumbuhan* edisi ke-3. Ahmad S dkk, penerjemah; Sitti S.T, editor. Yogyakarta: Gajah Mada Univ Pr. Terjemahan dari: *Plants Anatomy*.
- Fitter AH, RKM Hay. 1981. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Sri Andani dan Purbayanti E.D, Penerjemah; Yogyakarta: Gajah Mada Univ Pr. Terjemahan dari: *Environmental Physiology of Plants*.
- Fakuara Y, Soekotjo W. 1986. Penentuan Jumlah Transpirasi pada Berbagai Jenis Pohon yang Tumbuh di Perkotaan. [Laporan Penelitian]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Gandasari D. 1994. Identifikasi Arsitekturis dan Kerapatan Trikoma Pada Tujuh Puluh Lima Spesies Pohon untuk Lansekap Tepi Jalan [Skripsi]. Bogor: Jurusan Budi Daya Pertanian Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Hadibroto C, WS Don, Emir T. 2000. *Rahasia Kebun Asri*. Jakarta PT: Gramedia Pustaka Utama.
- Heat Island Group. <http://www.landaust.com.au/reviews/rooftgardens.html>. [22 November 2004]
- Hickman MJ. 1970. *Measurement of Humidity 4th ed*. London: Her Majesty's Stationary Office.
- Hidayat EB. 1995. *Anatomi tumbuhan berbiji*. Bandung: Penerbit ITB.
- Jarvis PG, Grace J, Ford ED. 1981. *Plants and their atmospheric environment*, the 21st Symposium of the British Ecological Society, Edinburgh 1979

- Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne: Black well Scientific Publications.
- Jones HG. 1992. *Plants and Microclimate*. Boston:Syndicate Univ. Cambridge.
- Kuhn M. 1995. *Roof Top Resources City Farmer*. Canada's Office of Urban Agriculture. [Http://www.roofmeadow.com](http://www.roofmeadow.com) . [22 November 2004]
- Kozinka V, J. Kolek. 1991. *Physiology of The Plant Root System*. Dordrecht / Boston / London: Kluwer Academic Pub.
- Kramer PJ.1987. *Physiology of Trees*. London:McGraw-Hill.
- Levitt K. 1972. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. New York, San francisco, London: Acad Pr.
- Maradjo M, Widodo MS, Soediarto A. 1977. *Flora Indonesia Tanaman Pelindung*. Jakarta:PT Karya Nusantara Cabang Jakarta III.
- Mauseth J. 1988. *Plant Anatomy*. California: The Benjamin /Cummings Pub.
- Mawarsid H. 1984. Roof garden. *Majalah Asri* (13):29.
- Meidner, Mansfield. 1975. *Physiology of Stomata*. England: McGraw-Hill Book company.
- Milburn J. 1979. *Water Flow in Plants*. London dan NewYork: Longman.
- Nikleas CJ. 1999. Computing Factors of Safety against Wind Induced Tree Stem Damage. *J Exp Bot*. 51: 345-806.
- Reich A, Holbrook NM, Ewel JJ. 2004. Developmental and physiological correlates of leaf size in *Hyeronima alchorneoides* (Euphorbiaceae). *Am J Bot* 91:582-589.
- Sack, Cowan PD, Holbrook NM. 2003. The major veins of mesomorphic leaves revisited: tests for conductive overload in *Acer saccharum* (Aceraceae) and *Quercus rubra* (Fagaceae). *Am J Bot* 90:32-39.
- Sitta. 1998. Roof garden. <http://www.landaust.com.au/reviews/rooftgardens.htm>. [22 November 2004].
- Soedarsono M, Manan ME, Nursiwan MA, Novianto I. 1986. *Alat Pengukur Cuaca di Stasium Klimatologi*. Jurusan Geofisika dan Meteorologi FMIPA- Institut Pertanian Bogor. Tidak dipublikasi.

Soegijanto. 1999. *Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau dari Aspek Fisik Bangunan*. Fakultas TI ITB. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Depdikbud.

Sulistiyantara B, Agung S, Jimmy S. 2004. *Panduan Rancang Bangun Roof Garden*. Jakarta: Suku Dinas Pertamanan.

Tjondronegoro PD *et al.* 2003. *Penuntun Praktikum Fisiologi Tumbuhan*. Departemen Biologi, Institut Pertanian Bogor. Tidak dipublikasikan.

Zimmerman MH, Brown CL. 1971. *Tree Structure and Function*. New York, Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag.

Zimmerman B. 2001. Roof gardens. http://www.brucezimmerman.com/articles/Roof_Gardens.html. [22November2004].

Tabel Lampiran 1. Bahan dan kegunaan

No	Bahan	Kegunaan
1	Sampel daun dan akar pohon <ul style="list-style-type: none"> • <i>Erythrina christa-galli</i> (Dadap merah) • <i>Bauhinia purpurea</i> (Bunga kupu-kupu) • <i>Musaenda sp.</i> (Nusa Indah) • <i>Wodyetia bifurcata</i> (Palem ekor tupai) 	Objek penelitian
2	Larutan FAA (alkohol 70%)	Larutan fiksasi
3	Safranin	Pewarna
4	Asam Nitrat	Melunakkan daun pada pembuatan sayatan transversal
5	Gliserin 10%	Media sediaan semi permanen
6	Akuades	Pencuci dan pembersih daun pada pembuatan sayatan paradermal
7	Bayclean	Menghilangkan klorofil daun pada pembuatan sayatan paradermal
8	Larutan alkohol bertahap	Dehidran untuk dehidrasi daun untuk mendapatkan ketebalan daun
9	Larutan xylol bertahap	Pra-parafinasi untuk mendapatkan ketebalan daun
10	Parafin cair	Parafinasi

Tabel Lampiran 2. Alat dan kegunaan

No	Alat	Kegunaan
1	Pisau atau <i>cutter</i>	Memotong bagian akar dan daun
2	Alat tulis	Mencatat hasil perlakuan
3	Mikrotom putar	Menyayat akar dan daun
4	Mikroskop okuler	<ul style="list-style-type: none"> • Mengukur ukuran stomata • Mengidentifikasi trikoma dan kutikula daun
5	Counter	Sebagai alat bantu untuk menghitung jumlah stomata dan trikoma
6	Kertas label	Untuk memberi tanda pembeda pada sampel
7	Anemometer	Mengukur kecepatan angin
8	Termometer koppel	Mengukur suhu dan kelembaban
9	Kamera digital	Dokumentasi
10	Kamera mikroskop	Memperoleh gambar tebal daun, stomata dan trikoma

Tabel Lampiran 3. Hasil pengamatan anatomi 4 vegetasi pohon *roof garden* dan *Non-roof garde*

TANAMAN	EPIDERMIS ATAS				EPIDERMIS BAWAH				Konduktivitas akar (mm ²)	Ketebalan daun (mm)
	Kerapatan STOMATA (/mm ²)	Kerapatan TRIKOMA (/mm ²)	LUAS STOMATA (μm ²)	PANJANG TRIKOMA (mm)	Kerapatan STOMATA (/mm ²)	Kerapatan TRIKOMA (/mm ²)	LUAS STOMATA (μm ²)	PANJANG TRIKOMA (mm)		
ROOF GARDEN										
I. <i>Bauhinia purpurea</i>										
Rata2	55	-	247	-	351	73	214	0,1	0,015	0.13
II. <i>Erythrina christa-galli</i>										
Rata2	13	-	1326	-	174	-	1278	-	0,06	0.2
III. <i>Mussaenda erythophylla</i>										
Rata2	-	3	-	0.29	23	1	1753	0.41	0.029	0.11
IV. <i>Wodyetia bifurcata</i>										
Rata2	94	-	145,6	-	10	-	92,85	-	0,069	0.24
NON-ROOF GARDEN										
I. <i>Bauhinia purpurea</i>										
Rata2	79	-	23,8	-	412	85	11,8	0,13	0,114	0.16
II. <i>Erythrina christa-galli</i>										
Rata2	16	-	98	-	147	-	129	-	0,058	0.20
III. <i>Mussaenda erythophylla</i>										
Rata2	-	4	-	0.46	26	1	1112,8	0.35	0,031	0.12
IV. <i>Wodyetia bifurcata</i>										
Rata2	110	-	125,7	-	11	-	36,5	-	0,003	0.22

