

FENOLOGI DAN DINAMIKA KANDUNGAN KLOORIFIL PADA PEMBUNGAAN DUA SPESIES BELIMBING HUTAN (*Averrhoa dolichocarpa* DAN *Averrhoa leucopetala*)

Phenology and Chlorophyll Content Dynamics in the Flowering of Two Wild Starfruits Species (*Averrhoa dolichocarpa* and *Averrhoa leucopetala*)

Mangunah¹⁾, Ibnu Qayim¹⁾ dan Inggit Puji Astuti²⁾

1) Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB
Jl. Agatis, Gedung Fapet, Wing 1, Lantai 5, Kampus IPB Bogor 16680

2) Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor, LIPI

Jl. Ir. H. Juanda 13, Bogor 16003

Email : inggit_pa@yahoo.com

Abstract

Averrhoa dolichocarpa is a wild starfruit from Papua and *Averrhoa leucopetala* is a wild starfruit from Gorontalo. Both starfruits have unique characters of the leaves, inflorescence, flowers and fruits. The study was conducted from February to May 2012 by observing the wild starfruits collections of Bogor Botanic Gardens. Initiation of *Averrhoa dolichocarpa* inflorescence takes 8-14 days, the small bud growing in 11-15 days, after one day the large bud will open and the anthesis last after 3 days. The fruit will develop and mature after 40-45 days. The flower and fruit drop rate is quite high, mostly caused by strong wind. The chlorophyll content of the leaves are very dynamic and influence by the environment and the wide of the canopy. Whereas initiation of *Averrhoa leucopetala* inflorescence needs 30-34 days, the small bud growing in 12-15 days, the large flower bud will open after 1 day, anthesis last after 5 days, and the fruit development needs 40-42 days to mature. Anthesis of the flowers occurred at 4:00 to 6:00 a.m. The flower and fruit drop rate is also quite high. The chlorophyll content is more static and tends to increase when the fruit developed.

Keywords : *Averrhoa dolichocarpa*, *Averrhoa leucopetala*, Chlorophyll, Flowering, Phenology

Abstrak

Averrhoa dolichocarpa merupakan belimbing hutan asal Papua dan *Averrhoa leucopetala* adalah belimbing hutan asal Gorontalo. Kedua belimbing tersebut mempunyai keunikan karakter pada daun, rangkaian bunga, bunga dan buahnya. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan Mei 2012 dengan melakukan pengamatan pada belimbing hutan koleksi Kebun Raya Bogor. *Averrhoa dolichocarpa* memiliki waktu inisiasi rangkaian bunga selama 8-14 hari, pertumbuhan kuncup kecil bunga 11-15 hari, fase kuncup besar 1 hari, bunga mekar selama 3 hari, dan perkembangan buah memerlukan 40-45 hari. Tingkat kerontokan bunga dan buahnya cukup tinggi dan faktor lingkungan yang paling berpengaruh adalah kecepatan angin. Kandungan klorofil daunnya sangat dinamis serta dipengaruhi oleh keadaan lokasi dan besarnya kanopi tanaman tersebut. *Averrhoa leucopetala* memiliki waktu inisiasi rangkaian bunga selama 30-34 hari, fase kuncup kecil tumbuh memerlukan 12-15 hari, kuncup besar hanya 1 hari, bunga mekar selama 5 hari dan perkembangan buah perlu 40-42 hari. Aktivitas bunga mekarnya pada pukul 04.00-06.00. Tingkat kerontokan bunga dan buah spesies ini juga cukup tinggi. Kandungan klorofilnya lebih statis dan cenderung mengalami kenaikan pada fase pembentukan buah.

Kata kunci : *Averrhoa dolichocarpa*, *Averrhoa leucopetala*, Fenologi, Klorofil, Pembungaan

PENDAHULUAN

Berdasarkan laporan dari Rugayah dan Sunarti (2008), dua jenis belimbing dideskripsikan sebagai spesies baru dengan nama *Averrhoa dolichocarpa* dan *Averrhoa leucopetala*. Karakter vegetatif dari kedua spesies tersebut mirip dengan *A. bilimbi* tetapi karakter generatifnya mirip dengan *carambola*. *A. dolichocarpa* adalah belimbing hutan yang berasal dari Papua. Tinggi pohonnya bisa mencapai 15 m dengan diameter batang ± 15 cm, serta membentuk percabangan (kadang) dekat tanah. (Astuti & Rugayah, 2009). Bunga majemuk dari kelompok ini membentuk bunga majemuk dengan bunga yang rapat penuh. Bunga tunggalnya memiliki warna kelopak cokelat agak kekuningan, warna mahkotanya putih di bagian tepinya dan merah muda dengan pola garis-garis ungu bagian tengahnya. Bentuk mahkota dari kelompok ini *oblong-ovate* dengan ukuran 6-11 x 2,5-3 mm, panjang benang sari bervariasi antara 3-5 mm yang berbentuk *glabrous* dan panjang putiknya 3,5-4,5 mm (Rugayah & Sunarti, 2008).

Averrhoa leucopetala berasal dari Gorontalo. Tinggi pohonnya 5-8 m, batangnya berdiameter 5-12 cm dengan percabangan dekat dengan tanah (Astuti & Rugayah, 2009). Belimbing ini mempunyai bunga majemuk (*cluster*) dengan beberapa bunga, bunga tunggalnya memiliki warna mahkota putih lanset berukuran 6-10 x 2-3. Benang sarinya halus dengan panjang bervariasi antara 3,5-7 mm, sedangkan panjang putiknya 1,2 mm (Rugayah & Sunarti, 2008).

Informasi mengenai kedua spesies belimbing hutan ini masih perlu dikaji pada berbagai aspek, salah satunya adalah fenologi. Fenologi adalah telaah penampakan periodisitas pada tumbuhan, seperti saat pembungaan dalam hubungannya dengan iklim (Abercrombie *et al.*, 1997). Perkembangan bunga dan buah dimulai dari fase inisiasi bunga, kuncup kecil, kuncup besar, bunga terbuka (*anthesis*) dan perkembangan buah (Jamsari *et al.*, 2007). Studi fenologi penting dilakukan untuk memahami interaksi spesies dengan fungsi komunitas sebagai aspek spasial (Fenner, 1998). Menurut Michalski dan Durka (2007), waktu pembungaan dalam dan di antara individu merupakan kepentingan biologis yang fundamental karena pengaruhnya pada produksi biji total dan pada akhirnya pada perkembangan tumbuhan itu sendiri. Menurut Darjanto dan Satifah (1990) pembungaan dipengaruhi oleh suhu, curah hujan, cahaya dan keadaan lingkungan

lainnya, sedangkan faktor internalnya bisa berupa genetik, hormon dan nutrisi yang tersedia.

Beberapa hal yang penting pada buah tropis-subtropis yakni menghasilkan sejumlah besar bunga. Tingkat respirasi tumbuhan pada kondisi tersebut menjadi tinggi dan total kebutuhan karbohidrat harian selama bunga mekar seringkali melebihi produksi fotosintat biasanya (Lambers *et al.*, 2008). Kebutuhan fotosintat pada masa pembungaan ini akan dihubungkan dengan dinamika kandungan klorofil selama pembungaan. Klorofil merupakan pigmen warna hijau yang terdapat di dalam kloroplas yang biasanya terdapat pada bagian-bagian tumbuhan yang berwarna hijau terutama pada daun sebagian besar tumbuhan. Klorofil menyerap energi cahaya untuk fotosintesis, sehingga untuk pengukuran dinamika kandungan klorofil digunakan daun yang merupakan tempat utama fotosintesis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fenologi bunga dan dinamika kandungan klorofil daun pada pembungaan dua spesies belimbing hutan *Averrhoa dolichocarpa* dan *Averrhoa leucopetala*. Hasil penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui produktivitas bunga dan buah dari kedua spesies belimbing hutan tersebut. Hal ini juga mendukung untuk pengembangan jenis-jenis tanaman buah tropis di Indonesia serta usaha-usaha konservasinya.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Februari sampai dengan Mei 2012 di Kebun Raya Bogor dan Laboratorium Taksonomi Tumbuhan Departemen Biologi, FMIPA, IPB. Bahan yang digunakan adalah lima pohon belimbing hutan asal Papua (*Averrhoa dolichocarpa*) dan lima pohon belimbing hutan asal Gorontalo (*Averrhoa leucopetala*) yang merupakan tumbuhan koleksi Kebun Raya Bogor. Pohon *A. dolichocarpa* yang diamati tersebar ke dalam tiga lokasi yaitu 1 individu di Pembibitan selatan, 3 individu di Fak. VII. D. No. 96-96a dan 98-98a, dan 1 individu di Pembibitan dan Reintroduksi Tumbuhan Langka. Sedangkan untuk *A. leucopetala* kelima pohon berada pada 1 lokasi yaitu di Orchardarium.

Pengamatan perkembangan bunga dimulai sejak adanya tanda-tanda inisiasi bunga berupa munculnya benjolan pada ujung bakal tangkai bunga sampai bunga mekar (*anthesis*), kemudian dilakukan pengamatan perkembangan buah.

Sampel bakal bunga yang ditandai untuk tujuan pengamatan perkembangan sebanyak 59 sampel pada *A. dolichocarpa* dan 54 sampel pada *A. leucopetala*. Tahapan-tahapan yang diamati meliputi inisiasi bunga, kuncup kecil, kuncup besar dan bunga mekar. Pada masing-masing stadia dilakukan pengamatan terhadap perubahan warna dan bentuk serta morfologi bunga lainnya. Pengamatan ini dilakukan setiap 2 hari. Panjang bunga dan buah diukur menggunakan jangka sorong. Tingkat kerontokan dihitung pada setiap fase pembungaannya. Pengamatan mikroskop dilakukan agar bisa melihat stadia-stadia perkembangan bunga yang kurang jelas sehingga digunakan mikroskop stereo.

Kandungan klorofil diukur pada daun menggunakan Klorofil Meter pada rentang pukul 10.00-14.00 setiap dua hari. Pada masing-masing pohon, dilakukan lima kali pengukuran di daun yang berbeda. Daun yang diukur berupa daun yang tidak terlalu tua dan tidak terlalu muda dengan posisi beberapa ruas dari pangkal tangkai daun dan terkena sinar matahari langsung (tidak ternaungi). Kelima contoh daun yang diukur dihitung nilai rata-ratanya dan didapatkan nilai kandungan klorofil yang mewakili satu pohon. Hasil dari pengukuran ini selanjutnya dibuat grafik yang menggambarkan dinamika kandungan klorofil dengan mengambil rata-rata pengukuran pada setiap lokasi tanaman.

Pengukuran parameter lingkungan dilakukan setiap dua hari meliputi pengukuran intensitas cahaya, kecepatan angin, kelembaban dan suhu udara menggunakan *Digital instrument 4 in 1*. Banyaknya curah hujan selama pengamatan digunakan data sekunder dari stasiun klimatologi Kebun Raya Bogor. Data-data parameter lingkungan dan kerontokan bunga yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan *software SPSS 16* dengan metode Analisis Regresi Linier Berganda

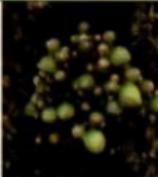
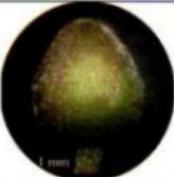
untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh pada pembungaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan Bunga

Bakal bunga pada fase inisiasi kedua spesies berupa tonjolan agak bulat dan tersebar pada batang. Kuncup kecil *A. dolichocarpa* berbentuk bulat dengan warna hijau kecokelatan dan pada bagian kelopaknya terdapat garis merah muda, sedangkan pada *A. leucopetala* warnanya hijau muda. Jika dibelah membujur, mulai terlihat struktur bunganya. Fase kuncup besar dicirikan dengan mahkota yang sudah mulai keluar dari kelopaknya. Pada fase *anthesis A. dolichocarpa* terlihat mahkota yang sudah keluar dari kelopak, berwarna merah muda dengan bagian putih di tepi, dan *anther* sudah dipenuhi serbuk sari berwarna putih. Pada *A. leucopetala*, fase ini ditunjukkan dengan mahkota yang keluar dari kelopaknya, berwarna putih dan *anther* berwarna kuning. Menandai akhir fase ini, mahkota bunga *A. dolichocarpa* akan rontok, sedangkan pada *A. leucopetala* mahkota semakin layu dan mengering. Putik yang telah dibuahi akan berubah menjadi kecokelatan, tetapi ujung putiknya tetap menempel di ujung buah. Hal ini menyebabkan bentuk buah *A. leucopetala* agak melengkung keluar, tetapi pada *A. dolichocarpa* cenderung lurus. Buah awal yang terbentuk masih tertutup oleh kelopak dan warnanya hijau kecokelatan, kemudian menjadi hijau muda, hijau tua, dan saat matang pada *A. dolichocarpa* akan berwarna hijau kekuningan, sedangkan *A. leucopetala* masih tampak hijau tua dengan ujung agak kuning, bahkan ada yang hijau penuh (Tabel 1 dan 2).

Tabel 1. Perkembangan bunga *Averrhoa dolichocarpa* pada setiap fase.

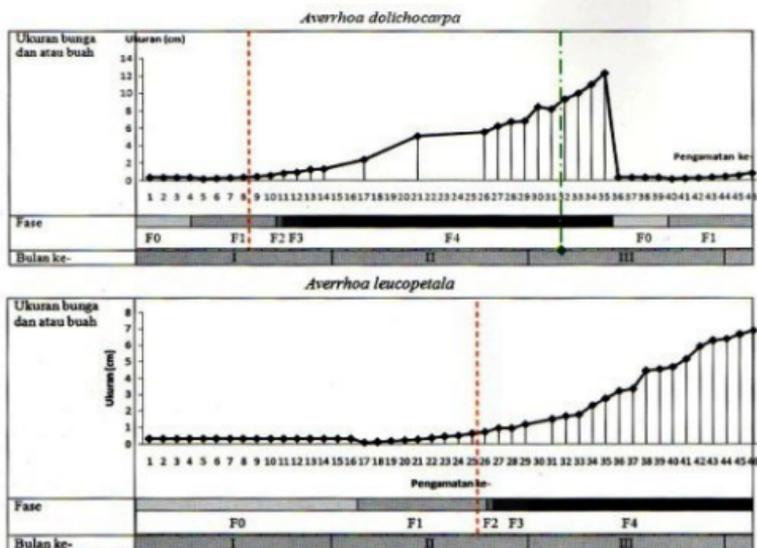
Fase	Pengamatan langsung	Pengamatan mikroskop	
		Utuh	Sayatan membujur
Inisiasi			
Kuncup kecil			
Kuncup besar			
Bunga mekar (anthesis)			
Buah	 (awal)  (matang)		

Fase	Pengamatan langsung	Pengamatan mikroskop	
		Utuh	Sayatan membujur
Inisiasi			
Kuncup kecil			
Kuncup besar			
Bunga mekar (<i>anthesis</i>)			
Buah	 (awal)  (matang)		

Ritme Pembungaan

A. dolichocarpa memiliki waktu inisiasi 8-14 hari. Fase kuncup kecil berlangsung sekitar 11-15 hari, fase kuncup besar berlangsung 1 hari, dan fase *anthesis* berlangsung 3 hari (1 hari mekar dan 2 hari rontok mahkota). Fase pertumbuhan buah berlangsung selama 40-45 hari dengan ukuran saat matang rata-rata 12 cm. Inisiasi *A. leucopetala*

berlangsung 30-34 hari. Fase kuncup kecil berlangsung selama 12-15 hari, fase kuncup besar berlangsung sehari, dan *anthesis* berlangsung selama 5 hari (1 hari mekar dan 4 hari layu mahkota). Perkembangan buah berlangsung selama (40-42) hari dengan ukuran pada pada saat matang ± 7 cm (Gambar 1).



Gambar 1. Perkembangan panjang rata-rata inisiasi *infloresens*, bunga tunggal hingga buah, serta fase pembungaan pada tiap bulan pada musim berbunga.

- Keterangan:
- F0= Fase inisiasi
 - F1= Fase kuncup kecil
 - F2= Fase kuncup besar
 - F3= Fase *anthesis* (bunga mekar)
 - F4= Fase buah
 - = akhir fase bunga, mulai fase buah
 - = akhir fase buah, muncul inisiasi bunga baru pada pohon

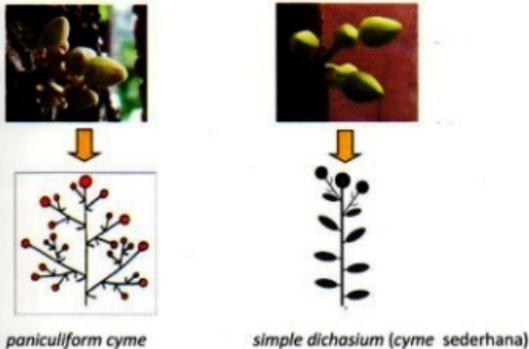
Bunga dari kedua belimbing ini merupakan bunga majemuk (*infloresens*) terbatas (*cyme*). Bentuk sederhana dari tipe tersebut adalah *simple dichasium* (garpuan) yang bunga-bunga tunggainya hanya bercabang di sumbu utama bunga majemuk. Tipe bunga tersebut dimiliki oleh *A. leucopetala* (Gambar 2). Tipe yang lebih kompleks adalah *paniculiform cyme* (menggarpu ganda tiga). Tipe ini merupakan perkembangan dari *simple dichasium*

yang memiliki cabang bunga yang lebih muda di sumbu bunga sekunder dan memiliki cabang bunga yang lebih muda lagi di sumbu tertier. Tipe tersebut dimiliki oleh bunga *A. dolichocarpa* (Gambar 2).

Bentuk bunga *paniculiform cyme* pada *Averrhoa dolichocarpa* menyebabkan terjadinya beberapa kali proses pemekaran bunga dalam 1 *Infloresens*. Bentuk bunga ini menunjukkan bahwa

dalam satu musim bunga bisa terjadi 3-4 kali proses pemekaran secara bertahap antara bunga yang lebih tua di sumbu utama *infloresens* dan

bunga yang lebih muda di cabang sumbu *infloresens*.



Gambar 2. Susunan bunga majemuk pada *A. dolichocarpa* (kiri) dan *A. leucopetala* (kanan).

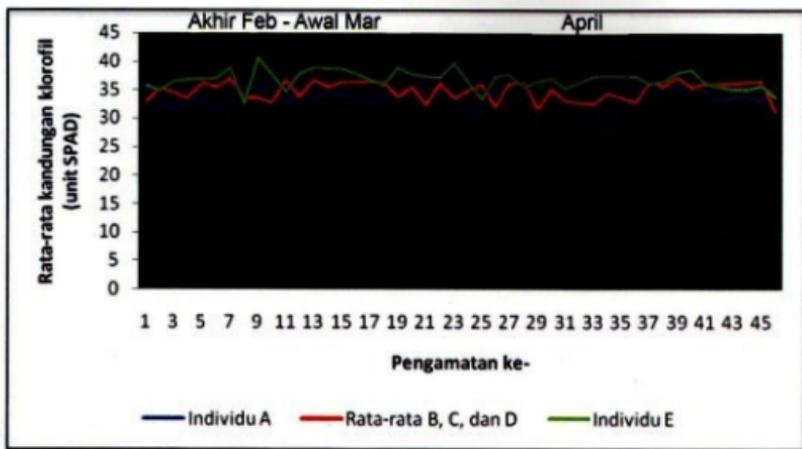
Berdasarkan pengamatan, aktivitas bunga mekar pada *A. leucopetala* terjadi sekitar pukul 04.00 sampai 06.00 pagi. Hal ini menunjukkan bahwa bunga *Averrhoa* memiliki sensitifitas pada kondisi suhu rendah dan kondisi kelembaban di malam hari menjelang pagi untuk merangsang aktivitas bunga mekar. Polinator pada spesies ini paling aktif pada pagi hari sekitar pukul 06.00 hingga pukul 08.00 pagi. Hal ini dimungkinkan karena *A. leucopetala* mempunyai bunga mekar untuk diserbuki yang lebih sedikit dari *A. dolichocarpa* sesuai bentuk *infloresens* nya. Warna bunga dari kedua spesies ini juga berbeda sehingga dimungkinkan menimbulkan ketertarikan pada polinator yang agak berbeda pula. Hewan yang diduga polinator antara lain lebah madu dan *Trigona* sp., sedangkan 1 jenis semut, serta ada pengunjung dari kelompok lalat diduga hanya sebagai pengunjung.

Waktu berbunga untuk spesies *A. dolichocarpa* tidak diamati secara langsung, tetapi dimungkinkan hampir sama dengan *A. leucopetala*. Polinator *Averrhoa dolichocarpa* aktif menyerbuki setelah bunga mekar dari pagi hingga sore hari. Penyerbukan bunganya dibantu oleh beberapa jenis polinator. Beberapa hewan yang ditemui dan diduga polinator antara lain lebah madu, lebah hitam dan *Trigona* sp., sedangkan dua jenis semut, dan hewan kecil yang belum diketahui jenisnya diduga hanya sebagai pengunjung. Nama jenisnya

belum diketahui. Jenis-jenis polinator yang ditemukan kemungkinan tidak jauh berbeda dengan yang biasa ditemukan di belimbing lain. Menurut Castro (2002) pada *A. carambola* Asia tropik, bunga biasanya dikunjungi oleh lebah madu (*Aphis cerana*), lalat, dan insekta lain seperti yang ditemukan di India. Pengunjung belimbing di daerah Malaysia juga ditemukan dari kelompok *Aphis cerana* dan *Trigona thoracica*.

Dinamika Kandungan Klorofil

Musim bunga mekar (banyak ditemui kuncup besar dan *anthesis*) *A. dolichocarpa* ditemui dua kali selama pengamatan yaitu pada akhir Februari hingga awal Maret dan pertengahan April (Gambar 3). Kandungan klorofil tertinggi dari seluruh pengamatan terdapat pada individu E amatan ke-9 sebesar 40.72 Unit SPAD pada saat musim bunga mekar. Namun, individu E ini juga memiliki kandungan klorofil terendahnya pada musim bunga mekar tersebut. Kandungan klorofil terendah dari seluruh pengamatan dijumpai pada individu A amatan ke-34 sebesar 26.56 Unit SPAD pada periode pemekaran bunga bulan April. Titik tertinggi dan terendah rata-rata kandungan klorofil pada individu B, C, D juga dijumpai pada fase-fase bunga yang bervariasi. Rata-rata kandungan klorofil B, C, dan D memiliki aktivitas tertinggi pada amatan ke-7 serta ke-39 dan kandungan terendahnya pada pengamatan ke-46 (Gambar 3).



Keterangan:  : Daerah aktivitas pembungaan cukup tinggi (banyak dijumpai bunga mekar)

Gambar 3. Grafik dinamika kandungan klorofil selama penelitian pada *Averrhoa dolichocarpa* di tiap lokasi.

Berdasarkan grafik dinamika kandungan klorofil yang terbentuk dari hasil pengamatan, tidak dijumpai adanya kenaikan kandungan klorofil yang berkelanjutan selama masa bunga mekar. Meskipun menurut McLaughlin & Williams (2000) pada saat rangkaian bunga mekar, akan dijumpai aktivitas fotosintesis yang naik untuk memproduksi karbohidrat lebih banyak dan dialokasikan ke pembungaan dan produksi buah. Kondisi tersebut menggambarkan bahwa kandungan klorofil spesies ini kurang berkorelasi dengan fase pembungaan karena kandungannya tetap sangat dinamis ketika sedang dominan fase mekar, maupun fase lainnya. Faktor yang berpengaruh kemungkinan adalah suasana di lokasi tanaman yang berubah-ubah terkait hujan, penutupan awan, maupun kondisi terik sehingga berpengaruh pada serapan cahaya untuk fotosintesis. Cahaya merupakan faktor lingkungan yang kompleks dengan sinyal komponen yang berkaitan dengan kualitas cahaya, intensitas cahaya dan fotoperiodisitas yang secara langsung mempengaruhi perbedaan dalam banyak aspek perkembangan tanaman (Ausin *et al.*, 2005).

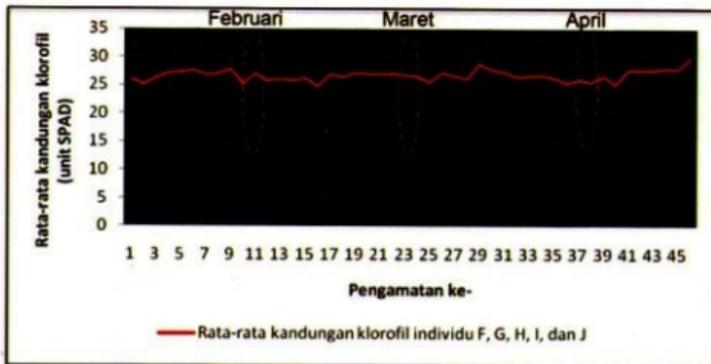
Rentang kandungan klorofil antar lokasi tanaman memiliki kisaran yang berbeda-beda meskipun masih dalam satu spesies. Individu A cenderung lebih rendah (26,56-35,9 Unit SPAD), individu E cenderung lebih tinggi (32,6-40,72 Unit SPAD), dan rata-rata B, C, D berada di pertengahan (31,2-37,27 Unit SPAD). Faktor yang

mempengaruhi kemungkinan adalah lokasi tempat tumbuh dan besarnya kanopi tanaman tersebut. Individu A, B, C, D, dan E memiliki umur yang sama yaitu 25 tahun, tetapi pertumbuhan tanaman di tiap lokasi sangat berbeda yang terkait dengan faktor kecukupan nutrisi pada lokasi tempat tumbuh. Individu A tingginya baru mencapai ± 2 m, sehingga walaupun tanaman ini sudah menghasilkan bunga, hanya terdiri atas beberapa *inflorescens*. Kanopi tanaman ini juga cukup kecil dibandingkan keempat pohon lainnya. Individu B, C, dan D berada pada satu lokasi. Tinggi tanaman berkisar (5,5–7,2) m, lebar kanopinya sedang dengan kondisi lingkungan yang cukup terbuka serta terpapar cahaya langsung. Individu E paling subur diantara yang lain, tingginya mencapai 13 m dan paling banyak menghasilkan bunga. Kanopi pohonnya juga paling besar diantara yang lain. Menurut Schulze dan Caldwell (1995) habitat dan penutupan kanopi pada tempat tanaman tumbuh mempengaruhi variasi integrasi intensitas cahaya atau *photon flux density* (PFD) harian. Perubahan besar dalam PFD juga dialami daun ketika ada perubahan penutupan awan yang menghalangi sinar matahari.

Pada *Averrhoa leucopetala*, kandungan klorofil yang cukup tinggi ditemui pada amatan ke-29 sebesar 28,73 Unit SPAD ketika banyak ditemui inisiasi serta pembentukan buah dan pengamatan ke-46 sebesar 29,84 Unit SPAD yang juga berada

pada fase pembentukan buah. Kandungan klorofil yang cukup rendah ditemui pada pengamatan ke 2, 16, dan 40 yang semuanya berada pada fase pembentukan buah dengan kisaran kandungan klorofilnya berturut-turut 25,24; 24,74; dan 25,26 Unit SPAD (Gambar 4). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada saat fase pembentukan buah terjadi kenaikan kandungan klorofil yang cukup tinggi meskipun awalnya berada pada titik

yang rendah saat bersamaan dengan fase inisiasi. Tinggi rendahnya kandungan klorofil *A. leucopetala* ini kemungkinan berhubungan dengan besarnya kanopi dari kelima individu yang agak berbeda dan ada sedikit penutupan kanopi pohon lain yang lebih tinggi. Faktor lingkungan penting yang mempengaruhi fotosintesis adalah struktur kanopi karena akan berpengaruh pada penyerapan cahaya dan konversi energi (McDonald, 2003).



Keterangan:  : Daerah aktivitas pembungaan cukup tinggi (banyak dijumpai bunga mekar)

Gambar 4. Grafik dinamika kandungan klorofil selama penelitian pada *Averrhoa leucopetala*.

Semua sampel pohon *A. leucopetala* berada pada satu lokasi. Umur kelima individu juga sama yaitu 11 tahun. Grafik yang terbentuk pada spesies *A. leucopetala* lebih statis daripada *A. dolichocarpa*. Kisaran kandungan klorofil terukur pada *A. leucopetala* lebih rendah dari *A. dolichocarpa*. *A. dolichocarpa* berkisar antara 26,56 sampai 40,72 Unit SPAD sedangkan *A. leucopetala* antara 24,74 sampai 29,84 Unit SPAD. Hal ini kemungkinan berhubungan dengan jumlah bunga yang dihasilkan oleh *A. leucopetala* lebih sedikit dari pada *A. dolichocarpa*. Perbedaan tinggi tanaman pada spesies *A. leucopetala* ini tidak terlalu jauh yaitu berkisar (1,7–3) m. Faktor lain yang mempengaruhi kemungkinan adalah bentuk daun *A. leucopetala* yang lebih kecil dengan warna hijau yang lebih muda dan jumlah daun dan tunas pada tangkai daun majemuk yang lebih sedikit daripada *A. dolichocarpa*. Daun-daunnya yang terlalu terpapar cahaya juga cepat mengalami kerontokan dan kadang daun pengganti belum

cukup ideal untuk dijadikan sampel. Kerontokan ini diakibatkan adaptasinya pada kondisi lingkungan seperti cahaya dan angin. Angin bisa menambah kecepatan transpirasi dan menentukan elastisitas daun (Decoteu, 2005). Kecepatan angin terukur paling besar didapati ketika menjelang hujan bisa mencapai 1,2 m/detik.

Tingkat Kerontokan Bunga

Pengamatan tingkat kerontokan bunga pada *A. dolichocarpa* digunakan 59 sampel. Dari sampel-sampel tersebut terdapat 35,59% gagal membentuk bunga karena telah rontok pada fase inisiasi. Sebesar 39,47% bunga rontok pada fase kuncup kecil dan gagal membentuk kuncup besar. Bunga yang berhasil mekar dari kuncup besar sebanyak 86,96%. Bunga yang rontok pada fase *anthesis* sebesar 60%, sehingga yang berhasil menjadi buah sebesar 40%. Kerontokan buah sebelum menjadi matang cukup tinggi yakni sebesar 87,5% (Tabel 3).

Tabel 3. Persentase kerontokan bunga *Averrhoa dolichocarpa* pada masing-masing fase

Fase	Persentase Kerontokan (%)	Persentase Keberhasilan (%)
Inisiasi	35,59	64,41
Kuncup kecil	39,47	60,53
Kuncup besar	13,04	86,96
Anthesis	60,00	40,00
Buah	87,50	12,50
Matang	100,00	0

Keterangan: Buah yang matang pada akhirnya rontok semua.

Pada *Averrhoa leucopetala* pengamatan persentase kerontokan bunga dan buah digunakan 54 sampel. Seperti yang terlihat pada Tabel 4, bakal bunga yang telah kering atau rontok pada fase inisiasi sebesar 24,07%. Kerontokan pada fase kuncup kecil sebanyak 31,7%. Pada pengamatan ini

tidak dijumpai kerontokan pada fase kuncup besar, akan tetapi terjadi kerontokan sebanyak 64,29% pada fase *anthesis* sehingga bunga yang berhasil menjadi buah sebanyak 35,71%. Kerontokan buah cukup tinggi yaitu sebesar 90% dan yang berhasil menjadi matang sebesar 10%.

Tabel 4. Persentase kerontokan bunga *Averrhoa leucopetala* pada masing-masing fase

Fase	Persentase Kerontokan (%)	Persentase Keberhasilan (%)
Inisiasi	24,07	75,93
Kuncup kecil	31,70	68,30
Kuncup besar	0	100,00
Anthesis	64,29	35,71
Buah	90,00	10,00
Matang	100,00	0

Keterangan: Buah yang matang pada akhirnya rontok semua

Analisis Regresi Linier Berganda

Analisis regresi linier berganda digunakan untuk mengetahui pengaruh parameter lingkungan pada kerontokan bunga *A. dolichocarpa* dan *A. leucopetala*. Persen kerontokan tiap pengamatan menjadi variabel dependen atau konstan dan parameter lingkungan menjadi variabel independen. Analisis pada tanaman *A. dolichoarpa*

didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,339 artinya 33,9% kerontokan bisa dijelaskan oleh faktor lingkungan terukur, sedangkan 66,1% oleh variabel-variabel lain. Tingkat signifikansi kurang dari 0,05 yaitu 0,009 menunjukkan bahwa model regresi cukup signifikan dan layak untuk memprediksi variabel dependen (Tabel 5).

Tabel 5. Nilai Koefisien Determinasi (R^2), Koefisien Determinasi yang disesuaikan (*Adjusted R²*), Standar Error, Uji F, dan Signifikansi *Averrhoa dolichocarpa*

Model	R^2	Adjusted R^2	StandarError (SEE)	F	Sig.
1	.339	.247	.28779	3.685	.009*

Uji t (Tabel 6) pada analisis regresi linier berganda tersebut memperlihatkan bahwa hanya kecepatan angin yang signifikan. Hal ini berarti kecepatan angin merupakan variabel yang paling

mempengaruhi kerontokan bunga. Uji VIF juga menunjukkan bahwa tidak terjadi multikolinearitas antar variabel parameter lingkungan dalam mempengaruhi kerontokan bunga karena nilainya

kurang dari 5. Pada penelitian belimbing (*A. carambola*) di daerah subtropis Florida selatan, angin menyebabkan kerontokan belimbing karena menyebabkan kerusakan buah pada musim dingin yang berasosiasi dengan suhu rendah dan peningkatan radiasi matahari yang menekan pertumbuhan tanaman, sedangkan kanopi

tanamannya rendah (Nunez-Elisea & Crane, 1998). Dalam kasus ini, dimungkinkan kecepatan angin berpengaruh karena lokasi tempat tumbuh yang terbuka dan besar kanopinya kurang menghalangi angin, sehingga bunga dan buah menjadi mudah rontok.

Tabel 6. Nilai Uji t, Signifikansi model, dan Nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) untuk *Averrhoa dolichocarpa*

Model	T	Sig.	Uji Kolinearitas	
			Tolerance	VIF
1 (Constant)	-1.472	.150		
Suhu	1.404	.169	.316	3.169
Kelembaban	1.696	.099	.297	3.364
Kecepatan angin	3.775	.001	.863	1.159
Intensitas cahaya	-1.340	.189	.894	1.119
Curah hujan	.920	.364	.884	1.132

Dependent Variable: persen kerontokan

Analisis regresi linier berganda *Averrhoa leucopetala* seperti tertera pada Tabel 7 dihasilkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,123. Hal ini menunjukkan bahwa hanya 12,3% kerontokan bunga yang bisa dijelaskan oleh faktor lingkungan terukur, sedangkan 87,7% oleh variabel-variabel lain. Tingkat signifikansi lebih dari 0,05 menunjukkan

bahwa model regresi tidak signifikan (kurang layak untuk memprediksi variabel dependen) dan belum bisa menjelaskan pengaruh parameter lingkungan pada kerontokan bunga. Begitu pula pada uji t (Tabel 8) terlihat bahwa tidak ada variabel yang signifikan.

Tabel 7. Nilai Koefisien Determinasi (R^2), Koefisien Determinasi yang disesuaikan (*Adjusted R²*), Standar Error, Uji F, dan Signifikansi *Averrhoa leucopetala*

Model	R^2	Adjusted R^2	Standar Error (SEE)	F	Sig.
1	.123	.002	.76990	1.014	.424*

Tabel 8. Nilai Uji t, Signifikansi model, dan Nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) untuk *Averrhoa leucopetala*

Model	T	Sig.	Uji Kolinearitas	
			Tolerance	VIF
1 (Constant)	.665	.510		
Suhu	-.167	.869	.457	2.186
Kelembaban	-1.382	.175	.430	2.328
Kecepatan angin	-.406	.687	.841	1.190
Intensitas cahaya	.164	.871	.933	1.072
Curah hujan	1.811	.079	.859	1.164

Dependent Variable: persen kerontokan

Model analisis regresi linier berganda tidak signifikan bukan berarti parameter lingkungan tidak berpengaruh karena bisa saja kondisi lingkungan berubah-ubah dalam satu hari di luar jam pengamatan. Menurut Sugiartini & Soebagio (2007) kerontokan bunga pada tanaman belimbing biasanya terjadi pada kondisi iklim yang tidak mendukung seperti musim kering panjang dengan suhu udara yang sangat panas atau intensitas hujan tinggi. Kerontokan bunga dan buah belimbing juga bisa disebabkan oleh hormon endogen seperti auksin dan giberelin yang kurang optimal (Kurniawati, 2008).

Hambatan perkembangan bunga pada kedua spesies selain disebabkan oleh kerontokan juga terjadi karena kekeringan pada waktu inisiasi dan gagal membentuk bunga. Kemungkinan hal ini disebabkan kanopi pohon dan jumlah daun sebagai tempat utama fotosintesis kurang optimal sehingga kebutuhan nutrisi untuk perkembangan bunga kurang tercukupi. Menurut Kinet *et al.* (1985) kurang ketersediaannya karbohidrat ke bunga bisa menghambat perkembangan bunga dan mengakibatkan rontok kuncup. Keberhasilan perkembangan bunga tertinggi kedua spesies ditemui saat perkembangan dari kuncup besar hingga *anthesis*. Hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk proses perkembangan tersebut relatif cepat yaitu 1 hari sehingga tidak banyak mengalami gangguan dari keadaan lingkungan yang kurang mendukung.

KESIMPULAN DAN SARAN

Averrhoa dolichocarpa dan *A. leucopetala* memerlukan waktu yang berbeda pada saat inisiasi, pertumbuhan kuncup dan *anthesis*-nya. Tingkat kerontokan bunga dan buah pada kedua jenis ini cukup tinggi terutama disebabkan oleh angin. Kandungan klorofil daun *A. dolichocarpa* sangat dinamis dan dipengaruhi oleh keadaan lokasi dan besarnya kanopi tanaman, sedangkan kandungan klorofil daun *A. leucopetala* lebih statis dan cenderung mengalami kenaikan kandungan klorofil pada fase perkembangan buah.

Pengamatan lebih detail mengenai jenis polinator pada kedua spesies belimbing hutan, pola perkembangan bunga untuk *inflorescens*, perkembangan biji dan buahnya, serta uji viabilitas polen untuk menentukan jumlah biji yang bisa terbentuk perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abercrombie, M., M. Hickman, M.L. Johnson dan M. Thain. 1997. *Kamus Lengkap Biologi*. Ed ke-8. Sutarni S, Sugiri N, (Penterjemah).
- Astuti, I.P. dan Rugayah. 2009. *Averrhoa* spp. di Kebun Raya Bogor dan upaya konservasinya. dalam: Kurniawan A, N.K.E. Undaharta, I.P.A.H Wibawa, I.G. Tirta dan W. Sujarwo. (eds.) *Prosiding Peranan Konservasi Flora Indonesia dalam Mengatasi Dampak Pemanasan Global*. Pp 261-264.
- Ausin, I., C.A. Blanco, J. Miguei, and M. Zapater. 2005. Environmental regulation of flowering. *The International Journal of Developmental Biology* 49: 689-705.
- Castro, M.S. 2002. Bee fauna of some tropical and exotic fruit potential pollinator and their conversation. In: Kevan P., and V.L.I. Fonseca (eds.). *Pollinating Bees: The Conservation Link Between Agriculture and Nature*. Ministry of Environment, Brasilia. Pp 275-288.
- Darjanto dan S. Satifah. 1990. *Pengetahuan Dasar Biologi Bunga dan Teknik Penyerbukan Silang Buatan*. PT Gramedia, Jakarta.
- Decoteau, D.R. 2005. *Principles of Plant Science: Environmental Factors and Technology in Growing Plants*. Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Fenner, M. 1998. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspective in Plant Ecology, Evolution and Systematic* 1(1): 78-91.
- Jamsari, Yaswendri dan M. Kasim. 2007. Fenologi perkembangan bunga dan buah spesies *Uncaria gambir*. *Biodiversitas* 8(2): 141-146.
- Kinet, J.M., R.M. Sachs and G. Bernier. 1985. *The Physiology of Flowering*. CRC Press Inc, Florida.
- Kurniawati, B. 2008. Respon fisiologi dan tingkat kerontokan buah tanaman belimbing (*Averrhoa carambola* L.) terhadap aplikasi GA₃ dan 2,4-D. Thesis, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Lambers, H., F.S. Chapin and T.L. Pons. 2008. *Plant Physiological Ecology*. Springer, New York.
- McDonald, M.S. 2003. *Photobiology of Higher Plants*. John Willey & Son Ltd., London.

- McLaughlin, S.P. and R.R. Williams. 2000. Carbohydrates and Flowering in *Hesperaloe funifera* (Koch) Trel. (Samandoque). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 66:67-72.
- Michalski, S.G. and W. Durka. 2007. Synchronous pulsed flowering: analysis of the flowering phenology in *Juncus* (Juncaceae). *Annals of Botany* 100: 1271-1285.
- Nunez-Elisea, R. and J.H. Crane. 1998. Phenology, shoot development, and floral initiation of carambola (*Averrhoa carambola* L. CV. Arkin) in a subtropical environment. *Proceeding of the Florida State Horticulture Society* 111: 310-312.
- Rugayah and S. Sunarti. 2008. Two new wild species of *Averrhoa* (Oxalidaceae) from Indonesia. *Reinwardtia* 12(4): 325-331.
- Schulze, E.D., and M.M. Caldwell. 1995. *Ecophysiology of Photosynthesis*. Springer, Heidelberg.
- Sugiantini, E. Dan H. Soebagio. 2007. Strategi pengelolaan potensi tanaman belimbing di Jagarasa, Jakarta Selatan. *Jurnal Perencanaan IPTEK* 5(1): 37-42.