

# FENOLOGI PERUBAHAN WARNA DAUN PADA *Terminalia catappa*, *Ficus glauca*, DAN *Cassia fistula*

*Leaf Color Changing Phenology of Terminalia catappa, Ficus glauca, and Cassia fistula*

**Dibyanti Danniswari**

Mahasiswa Program Studi Arsitektur Lanskap, Sekolah Pascasarjana IPB

**Nizar Nasrullah**

Staf Pengajar Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian IPB

**Bambang Sulistyantara**

Staf Pengajar Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian IPB

Diajukan: 25 Januari 2019

Diterima: 02 Maret 2019

## ABSTRACT

*Phenology refers to the study of seasonal appearances and timing of biological life-cycle events, such as flowering, leaf shedding, and leaf color changing. Landscapes could be enriched visually by employing these dynamic seasonal qualities in the design. Trees' leaf color changing phenology is rarely considered in tree selection although it has a big potential to enhance a landscape's aesthetics. To propose the right trees in the design, we need to understand when and how trees change. The objectives of this study were observing leaf color changing phenology of three tree species: Ficus glauca, Terminalia catappa, and Cassia fistula; comparing the results of chlorophyll content analysis and digital image analysis, and analyzing the correlation between chlorophyll content and climatic factors. The leaf color changing phenology was observed by two measurements, chlorophyll content and RGB (Red, Green, Blue) channel values. The lowest chlorophyll content in F. glauca and T. catappa was observed during the first weeks of January, while in C. fistula, was during the last weeks of December. F. glauca changed its leaf color from green to yellow right before leaf-shedding, T. catappa leaves changed from green to orange or red. C. fistula leaf color was shades of green. There were strong correlations between Red & Green values and chlorophyll content in F. glauca and T. catappa, but not in C. fistula. There was no climatic factor that had a significant correlation with the chlorophyll contents of any observed species. Future study is encouraged to cover the unobserved period and factors.*

*Keywords: Cassia fistula, Ficus glauca, leaf color change, phenology, Terminalia catappa*

## PENDAHULUAN

Pohon merupakan elemen yang memainkan peran penting dalam menciptakan keindahan, karakter, dan kualitas lingkungan suatu lanskap (Tyrväinen *et al.*, 2005). Salah satu karakteristik yang jarang dipertimbangkan dalam pemilihan jenis pohon adalah dinamika musiman pohon. Dinamika musiman menggambarkan perbedaan visual pohon pada musim berbeda dalam satu tahun. Fenologi tanaman merupakan ilmu yang mempelajari tentang dinamika musiman pohon dan *timing* dari fase-fase biologis tanaman, seperti pembungaan, perubahan warna daun, dan pengguguran daun (Moza & Bhatnagar, 2005).

Dalam arsitektur lanskap, ilmu fenologi sangat bermanfaat untuk meningkatkan kualitas arsitektural dan estetika suatu lanskap. Perbedaan warna dan rupa pohon pada musim berbeda dapat mempengaruhi persepsi seseorang terhadap suatu lanskap (Muderrisoglu *et al.*, 2009). Pemanfaatan fenologi tanaman dalam lanskap dapat memberikan efek yang istimewa dan mengundang pengguna untuk datang ke suatu lanskap berkali-kali dalam satu tahun demi melihat terjadinya perubahan visual tanaman. Fenologi melawan adanya pandangan yang menganggap bahwa tanaman adalah objek statis pada lanskap.

Penelitian tentang fenologi pohon di Indonesia terus berkembang, namun penelitian yang sudah banyak ada cenderung berfokus pada periode pembungaan (Noviawanti, 2014; Rahmania, 2002; Tinche, 2006). Bunga merupakan elemen pohon menarik karena warnanya yang

bervariasi, tetapi daun merupakan elemen dominan pada pohon yang memiliki potensi lebih besar untuk dimanfaatkan visualnya. Terbatasnya pengetahuan tentang spesies pohon yang mengalami perubahan warna daun dan *timing*-nya membuat desain yang sudah ada cenderung tidak memanfaatkan perubahan warna daun pohon.

Pohon yang mengalami perubahan warna daun umumnya adalah pohon *deciduous*, yaitu pohon yang menggugurkan daunnya setahun sekali. Beberapa spesies pohon *deciduous* yang tidak jarang ada pada lanskap tropis adalah *Ficus glauca* (Liebm.) Miq., *Terminalia catappa* Linn., dan *Cassia fistula* Linn. *F. glauca* (bunut) merupakan pohon dari keluarga beringin yang memiliki akar udara, bertajuk melebar, dan dapat tumbuh menjadi tanaman pencekik pada kondisi tertentu. *T. catappa* (ketapang) merupakan pohon yang memiliki cabang horizontal simetris dan daun yang besar. Daunnya berubah menjadi merah sebelum gugur dan hanya gugur pada waktu yang singkat (Gilman *et al.*, 2018). *C. fistula* (trengguli) adalah pohon sedang yang cabangnya menyebar. Pohon ini berbunga mencolok warna kuning dan pada saat berbunga penuh, biasanya pohon tidak berdaun sama sekali (Orwa *et al.*, 2009).

Untuk mengkaji fenologi perubahan warna daun diperlukan analisis terkait fisiologis daun. Daun mengalami perubahan warna karena adanya perubahan kandungan pigmen dalam daun (Lee & Gould, 2002). Dalam penelitian ini, perubahan warna daun diamati melalui perubahan kandungan klorofil karena, umumnya klorofil daun mengalami penurunan jumlah saat daun berubah warna. Untuk mendukung hasil analisis klorofil,

dalam penelitian ini juga dilakukan analisis citra daun secara digital. Analisis citra digital merupakan metode analisis yang dapat dipercaya untuk mengukur warna daun (Murakami *et al.*, 2005). Tetapi, metode tersebut belum pernah dicoba pada ketiga spesies yang diamati. Jika hasil analisis citra digital menunjukkan adanya korelasi dengan hasil analisis klorofil, pengamatan fenologi warna daun di masa yang akan datang dapat mempertimbangkan metode ini sehingga tidak perlu melakukan analisis klorofil di laboratorium yang memakan waktu dan biaya.

Hubungan antara *timing* fase fenologi tanaman dengan iklim begitu erat (Fitchett *et al.*, 2015). *Timing* fase fenologi merupakan hasil respon tanaman terhadap perubahan iklim di lingkungan tempat tinggalnya. Perubahan jumlah klorofil daun spesies yang berbeda mungkin dipengaruhi oleh faktor iklim yang berbeda pula. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk (1) mengobservasi fenologi perubahan warna daun tiga spesies, yaitu *Ficus glauca*, *Terminalia catappa*, dan *Cassia fistula*; (2) membandingkan hasil analisis warna daun melalui pengujian kandungan klorofil dan analisis citra digital; dan (3) menganalisis hubungan antara kandungan klorofil daun dan faktor iklim.

## METODE

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode survei terhadap tiga spesies pohon *deciduous*, yaitu *F. glauca*, *T. catappa*, dan *C. fistula*, yang masing-masing terdiri atas lima sampel pohon. Sampel pohon dipilih secara sengaja dengan mencari pohon yang kondisinya relatif seragam: pohon dewasa dan tiap spesies berada pada lingkungan hidup yang mirip. Kedekatan lokasi masing-masing pohon juga dipertimbangkan agar proses analisis dapat dilakukan pada hari yang sama dengan pengambilan sampel.

Lokasi penelitian merupakan tempat tumbuhnya sampel pohon yang mencakup beberapa lokasi di Kota dan Kabupaten Bogor. Satu lokasi di Kabupaten Bogor adalah lapangan parkir Fakultas Peternakan Kampus IPB Dramaga yang merupakan tempat tumbuhnya *T. catappa*. Lokasi lainnya berada di Kota Bogor, yaitu jalur hijau Jalan Dr. Semeru dan Jalan Ir. H. Juanda yang merupakan tempat tumbuh *F. glauca*, serta Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) Cimanggu yang merupakan tempat tumbuh *C. fistula*.

Lokasi penelitian merupakan lokasi bercurah hujan tinggi dan transisi musim yang tidak jelas. Rata-rata curah hujan total bulanan selama penelitian berkisar antara 308,3–379,9 mm dengan curah hujan tertinggi dapat mencapai 742,7 mm dalam satu bulan. Suhu rata-ratanya sekitar 25,9°C dan kelembaban rata-ratanya sekitar 84,4%. Lama penyinaran matahari (12 jam) rata-rata adalah 43,9% dengan radiasi matahari rata-rata 305,4 kal/cm/menit. Rata-rata kecepatan angin adalah 4,3 km/jam. Data tersebut merupakan data rata-rata bulanan selama periode penelitian yang diperoleh dari BMKG (2017).

Pengamatan dilakukan setiap dua minggu sekali selama enam bulan dari September 2016 hingga Februari 2017. Tetapi, karena adanya kesalahan alat yang terjadi pada bulan September, data pada bulan tersebut tidak digunakan. Pada akhirnya, data yang digunakan adalah data dari bulan Oktober 2016 hingga Februari 2017.

### Metode Pengumpulan dan Analisis Data

Dalam penelitian ini, perubahan warna daun diukur dengan dua metode, yaitu metode analisis digital dan pengukuran kandungan pigmen klorofil. Untuk menganalisis perubahan warna, dilakukan pengambilan sampel daun dari tiap pohon yang diamati. Sampel daun yang diambil adalah daun dari cabang terbawah pohon yang mendapatkan sinar matahari. Dari cabang tersebut diambil 3-5 helai daun tergantung pada ukurannya. Sampel daun yang sama digunakan pada kedua tipe analisis. Sampel daun diambil pada pagi hari, yaitu antara pukul 6 hingga 10. Setelah diambil dari pohon, sampel daun disimpan dalam plastik. Pengambilan sampel dan proses analisis, baik digital maupun klorofil, dilakukan pada hari yang sama untuk menghindari terjadinya degradasi klorofil.

Daun yang sudah diambil lalu dipindai dengan *scanner* Canon LiDE 120 pada resolusi 600 dpi dan disimpan dalam format *Joint Photographic Experts Group* (JPEG/JPG). Metode yang digunakan mengikuti metode analisis citra digital (*digital image analysis*) yang dikembangkan oleh Murakami *et al.* (2005) dengan modifikasi. Analisis ini bertujuan untuk membuktikan ada atau tidaknya korelasi antara nilai warna digital dengan kandungan klorofil. Jika terbukti ada korelasi yang kuat, pengamatan fenologi perubahan warna daun pada penelitian fenologi yang akan datang tidak perlu mengamati hingga kandungan klorofil, tetapi cukup dengan melakukan analisis citra digital.

Gambar daun yang sudah dipindai dimasukkan ke program ImageJ. ImageJ merupakan perangkat lunak ilmiah yang dikembangkan untuk analisis citra (Schneider *et al.*, 2012). Dalam program tersebut, area daun yang akan dianalisis ditandai. Area yang ditandai adalah permukaan daun dikurangi area yang tidak menempel pada permukaan *scanner* dengan sempurna dan bayangan daun sehingga nilai galatnya dapat dikurangi. Histogram warna RGB (*red, green, blue*) daun tersebut dianalisis menggunakan fitur analisis histogram yang tersedia pada perangkat lunak. Fitur analisis histogram menampilkan hasil berupa nilai tiap saluran warna *Red* (merah), *Green* (hijau), dan *Blue* (biru).

Setelah daun dipindai untuk keperluan analisis digital, daun dibawa ke Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Departemen Biologi IPB Kampus Dramaga untuk analisis kandungan klorofil. Analisis ini dilakukan dengan metode Arnon (1949) dengan modifikasi. Sebanyak 0,2 g daun tiap spesies dihaluskan dengan mortar sambil ditambahkan 5 ml aseton 80%. Kemudian, daun yang sudah dihaluskan dimasukkan ke dalam tabung *centrifuge* volume 15 ml dan ditambah aseton 80% hingga volumenya 10 ml. Setelah itu, tabung dimasukkan ke dalam *centrifuge* dan diputar pada suhu 4 °C selama 10 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Hasil ekstraksi yang telah diendapkan tumbukan daunnya kemudian ditutup dengan plastik hitam dan diinkubasi dalam lemari pendingin bersuhu -2 °C semalaman. Kandungan klorofil (mg/g daun) diukur berdasarkan nilai absorbansi ekstrak klorofil dengan spektrofotometer *visible* (Genesys 20 USA) pada panjang gelombang 645 nm dan 663 nm. Hasil baca spektrofotometer dicatat untuk kemudian dihitung konsentrasi klorofilnya mengikuti persamaan berikut.

$$\text{Klorofil A} = [(12.7 \times A_{663}) - (2.69 \times A_{645})] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\text{Klorofil B} = [(22.9 \times A_{645}) - (4.68 \times A_{663})] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\text{Klorofil total} = [(8.02 \times A_{663}) + (20.2 \times A_{645})] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

Keterangan:

A = nilai absorbansi

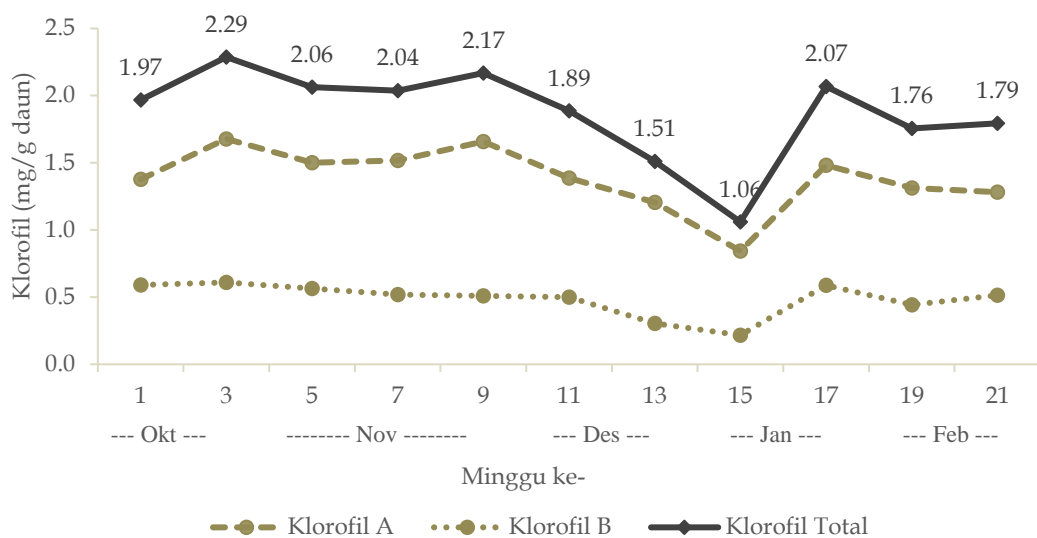
V = volume total sampel dalam medium ekstraksi (ml)

W = bobot sampel (g)

Setelah mendapatkan nilai RGB dan kandungan klorofil daun, hubungan di antara keduanya dianalisis dengan korelasi Pearson. Korelasi Pearson juga digunakan untuk memeriksa hubungan antara faktor iklim dan kandungan klorofil daun. Adapun faktor iklim yang dianalisis meliputi curah hujan (CH) total, CH rata-rata harian, hari hujan, suhu, kelembaban udara (RH), lama penyinaran matahari (LPM), dan radiasi matahari. Khusus untuk CH, data yang digunakan berbeda-beda tiap spesies karena

mulai dari minggu terakhir bulan November hingga mencapai titik terendahnya pada awal bulan Januari. Kandungan klorofilnya lalu meningkat tajam pada akhir Januari dan mulai stabil di minggu berikutnya.

Pada kondisi normal, warna daun dewasa pohon *F. glauca* adalah hijau tua. Berdasarkan hasil penelitian, pada saat normal, jumlah klorofil daun berkisar antara 1,72 hingga 2,95 mg/g daun. Daun *F. glauca* lalu mengalami perubahan warna sebelum gugur menjadi warna kuning. Ketika daun berwarna kuning, jumlah klorofilnya mencapai titik paling rendah, yaitu sekitar 0,20 hingga 0,34 mg/g daun. Saat daunnya tumbuh kembali, warnanya adalah hijau muda sangat cerah dan agak kemerahan pada ujung-ujungnya. Saat baru tumbuh, kandungan klorofilnya sekitar 1,02 hingga 1,40 mg/g daun. Gambar 2 memperlihatkan proses perubahan warna daun *F. glauca* dari kondisi normal, menjelang gugur, hingga tumbuh kembali. Analisis perubahan warna juga diukur secara



Gambar 1. Grafik Rata-Rata Kandungan Klorofil *F. glauca*

lokasinya yang berbeda pula. Data CH untuk *F. glauca* menggunakan data dari stasiun klimatologi Kebun Raya Bogor (KRB), untuk *T. catappa* menggunakan data stasiun Dramaga, dan untuk *C. fistula* menggunakan data stasiun Cimanggu. Data iklim diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Dramaga.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Ficus glauca*

Selama periode penelitian, daun *F. glauca* mengalami perubahan warna dari hijau menjadi kuning menjelang gugur daun. Perubahan warna daun yang terjadi pada *F. glauca* dilihat dari kandungan klorofil dan nilai RGB yang diukur setiap dua minggu sekali sehingga data yang diperoleh adalah data pada minggu nomor ganjil. Berdasarkan hasil penelitian, proses perubahan warna daun *F. glauca* diduga terjadi lebih cepat daripada interval waktu pengamatan.

Grafik perubahan kandungan klorofil pada *F. glauca* disajikan pada Gambar 1. Kandungan klorofil dari pada bulan Oktober dan November relatif stabil dengan fluktuasi yang kecil. Penurunan kandungan klorofil terjadi

digital dengan Image juga dilakukan untuk melihat perubahan nilai pada saluran RGB daun. Hasil analisis digital ini sudah digunakan untuk mengidentifikasi perubahan warna pada *Cichorium intybus* (Zhang *et al.*, 2003) dan *Codiaeum variegatum* (Shimoji *et al.*, 2006). Nilai *green* dan *red* pada daun dapat digunakan sebagai alat ukur perubahan warna daun pada tanaman (Murakami *et al.*, 2005). Hal ini didukung dengan hasil analisis korelasi Pearson yang menunjukkan adanya korelasi signifikan antara klorofil total dan nilai RGB daun *F. glauca* (Tabel 1). Saat kandungan klorofil menurun, nilai *Red* (merah) dan *Green* (hijau) cenderung meningkat.

Tabel 1. Hasil Analisis Korelasi Pearson antara Klorofil Total dan Nilai RGB Daun *F. glauca*

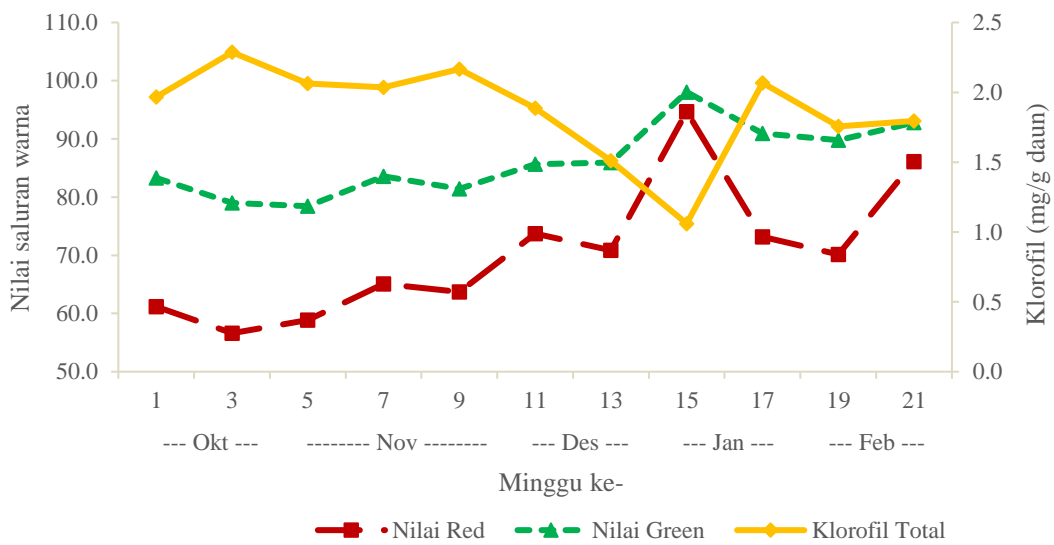
		Red	Green	Blue
Klorofil Total	Pearson Correlation	-.809**	-.772**	.305
	Sig. (2-tailed)	.003	.005	.362

\*\* Korelasi signifikan pada selang kepercayaan 99%

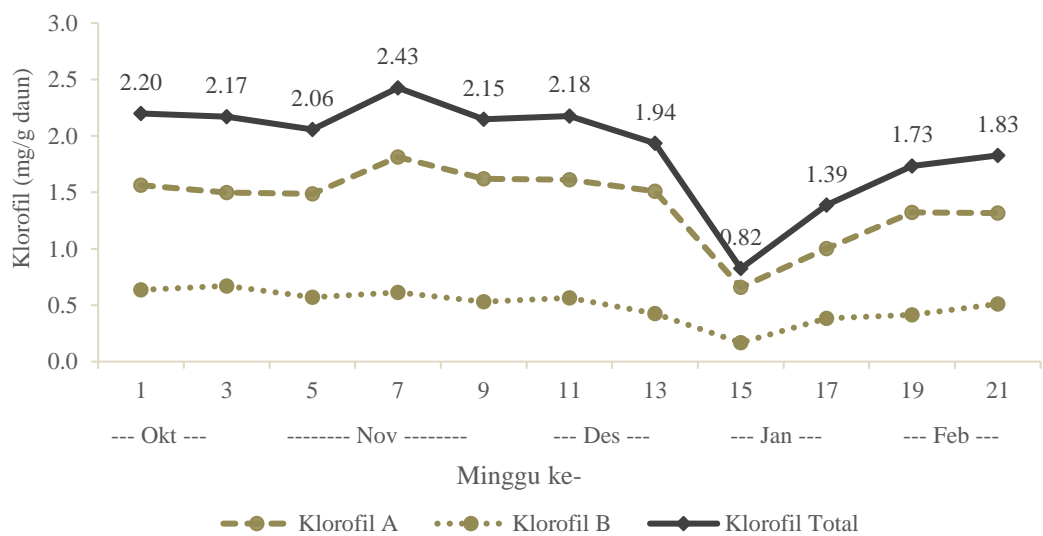


a) Dua belas minggu sebelum gugur daun, klorofil = 2,55 mg/g daun  
 b) Minggu tepat sebelum gugur daun, klorofil = 0,34 mg/g daun  
 c) Minggu saat mulai gugur daun, klorofil = 0,20 mg/g daun  
 d) Minggu saat daun tumbuh kembali, klorofil = 1,02 mg/g daun  
 e) Sepuluh minggu setelah daun tumbuh kembali, klorofil = 2,72 mg/g daun

Gambar 2. Perubahan Warna Daun *F. glauca* dari Sebelum Daun Gugur hingga Tumbuh Kembali



Gambar 3. Grafik Nilai Saluran Warna RGB *F. glauca* dengan Klorofil Total



Gambar 4. Grafik Rata-Rata Kandungan Klorofil *T. catappa*

Nilai warna hijau relatif lebih stabil dibandingkan dengan warna merah. Puncak nilai warna merah dan hijau terjadi pada minggu ke-15, bertepatan dengan titik terendah kandungan klorofil. Jika diperhatikan, perubahan nilai Red

dan Green dari minggu ke-13 menuju minggu ke-15 dan minggu ke-15 menuju ke-17 cukup drastis. Hal ini menunjukkan adanya perubahan warna daun *F. glauca* yang cepat, kurang dari dua minggu. Selama periode

penelitian, perubahan warna daun *F. glauca* tidak terjadi secara serentak antarindividu, tetapi serentak intraindividu. Daun pada pohon yang sama berubah warna di waktu yang sama, tetapi berbeda dari sampel pohon yang satu dengan yang lainnya. Hal ini diduga terjadi karena sifat genus *Ficus* yang fenologinya cenderung asinkron antarindividu. Fenologi asinkron ini sebelumnya pernah diteliti pada spesies lain, yaitu *F. yoponensis* dan *F. insipida* yang mempunyai fenologi pembuahan asinkron antarindividu (Milton *et al.*, 1982).

**Terminalia catappa**

Perubahan warna daun *T. catappa* berpotensi menjadi daya tarik visual utama karena warna daunnya lebih mencolok dibandingkan dengan *F. glauca*. Jika *F. glauca* berubah warna menjadi kuning, *T. catappa* dapat berubah warna menjadi oranye sampai merah. Warna ini sangat mencolok terutama ketika sebagian besar daun sudah berubah warna. Meski demikian, selama penelitian, tidak ditemukan fenomena perubahan warna daun secara serempak. Daun cenderung berubah warna sedikit demi sedikit. Daun *T. catappa* berubah warna secara perlahan di awal, lalu beberapa waktu kemudian berubah warna dalam tempo yang lebih cepat.

Jika dilihat dari klorofilnya, titik kandungan klorofil terendah berada pada minggu awal bulan Januari. Hal ini

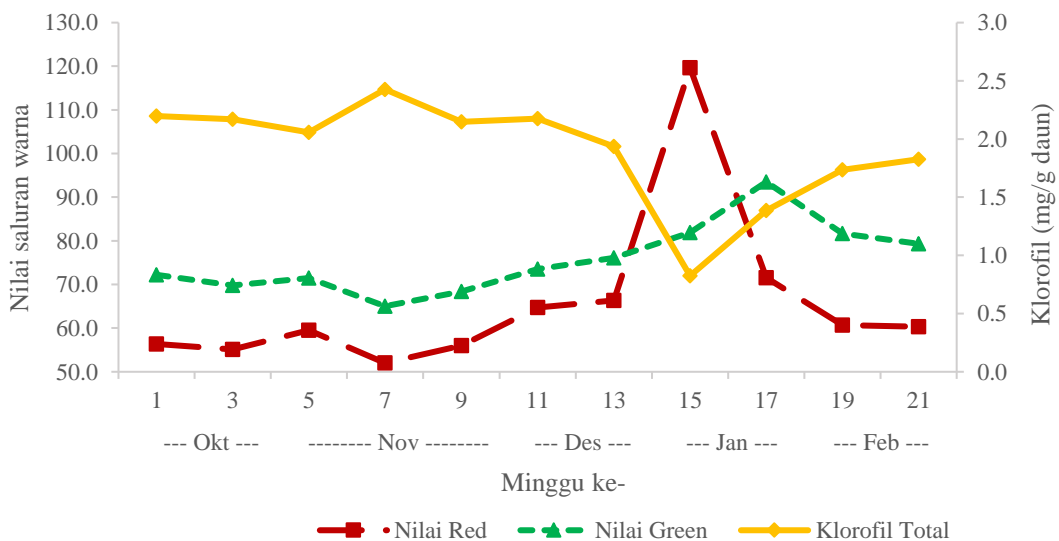
serupa dengan hasil pada spesies *F. glauca*. Jumlah kandungan klorofil dari minggu pertama bulan Oktober hingga minggu pertama bulan Desember relatif stabil, kemudian dari minggu awal menuju akhir bulan Desember mulai terjadi penurunan hingga pada minggu pertama bulan Januari. Kandungan klorofil perlahan kembali meningkat di minggu ketiga bulan Januari hingga akhir pengamatan di minggu akhir bulan Februari.

Daun *T. catappa* mengalami perubahan warna dari warna hijau mengilap menjadi kuning, oranye, atau merah menjelang gugur daun. Berdasarkan hasil penelitian, saat daun dewasa, kandungan klorofilnya berkisar antara 2,20 mg/g daun hingga 3,20 mg/g daun. Saat warna daun berubah menjadi oranye atau merah, kandungan klorofil terus menurun mendekati 0 mg/g daun. Saat tumbuh kembali, daun berwarna hijau muda kekuningan, lebih tipis, dan lebih lunak dibandingkan dengan daun dewasa. Bulu-bulu pada permukaan daunnya pun lebih jelas. Proses perubahan warna daun yang terekam selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.

Pada saat pengamatan, daun pada cabang-cabang bawah pohon mengalami perubahan warna terlebih dahulu. Perubahan warna daun yang terjadi selama daun menua berhubungan langsung dengan mobilisasi nutrisi dan penyerapan air dari sel di daun (Ougham *et al.*, 2005).



Gambar 5. Perubahan Warna Daun *T. catappa* dari Sebelum Daun Gugur hingga Tumbuh Kembali



Gambar 6. Grafik Nilai Saluran Warna RGB *T. catappa* dengan Klorofil Total

Nutrien dan penyerapan air pada daun-daun di cabang bawah lebih dulu berhenti dibandingkan cabang atasnya. Air dan nutrisi yang diserap akar terus ditransport ke bagian atas pohon. Ketika transport dari akar sudah berkurang, bagian pertama yang merasakannya adalah bagian cabang terbawah karena transport dari cabang bawah ke atas masih berlanjut. Hal tersebut yang diduga menjadi penyebab daun di cabang bawah mengalami penebaran dan perubahan warna lebih dahulu.

Serupa dengan hasil analisis pada *F. glauca*, kandungan klorofil daun *T. catappa* juga berkorelasi signifikan dengan nilai RGB-nya, hanya saja pada *T. catappa*, nilai *Blue* (biru) berkorelasi nyata pada selang kepercayaan 95% (Tabel 2). Nilai korelasi negatif menggambarkan bahwa saat kandungan klorofil menurun, nilai *Red* dan *Green* meningkat.

Puncak nilai *Red* terjadi pada minggu ke-15 (Gambar 6), yaitu minggu saat kandungan klorofil pada titik terendah. Tren antara nilai *Red* dan *Green* serupa dari awal pengamatan hingga minggu ke-13. Tetapi, pada minggu ke-15, di saat nilai *Red* meningkat drastis, nilai *Green* meningkat lebih sedikit sehingga puncak kedua nilai tersebut tidak terjadi pada waktu yang sama. Puncak nilai *Green* terjadi pada minggu ke-17. Hal ini diduga terjadi karena daun *T. catappa* yang berubah warna menjadi merah sehingga saluran warna merah menangkap warna lebih kuat.

Tabel 2. Hasil Analisis Korelasi Pearson antara Klorofil Total dan Nilai RGB Daun *T. catappa*

		<i>Red</i>	<i>Green</i>	<i>Blue</i>
Klorofil Total	<i>Pearson Correlation</i>	-.897**	-.782**	.731*
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	.000	.004	.011

\*\* Korelasi signifikan pada selang kepercayaan 99%

\* Korelasi signifikan pada selang kepercayaan 95%

Selama pengamatan, dalam satu individu pohon, terdapat daun yang masih berwarna hijau tua, tetapi ada juga yang sudah menjadi oranye meskipun berada pada cabang yang sama. Tidak adanya pohon yang berubah warna serempak dapat terjadi karena *T. catappa* tidak tumbuh di habitat aslinya di daerah pantai yang cenderung lebih

kering dan tanahnya berkerikil (Thomson & Evans, 2006). Kondisi tersebut berbeda dengan lokasi penelitian yang cenderung termasuk dalam area basah bercurah hujan tinggi (BMKG, 2017).

### *Cassia fistula*

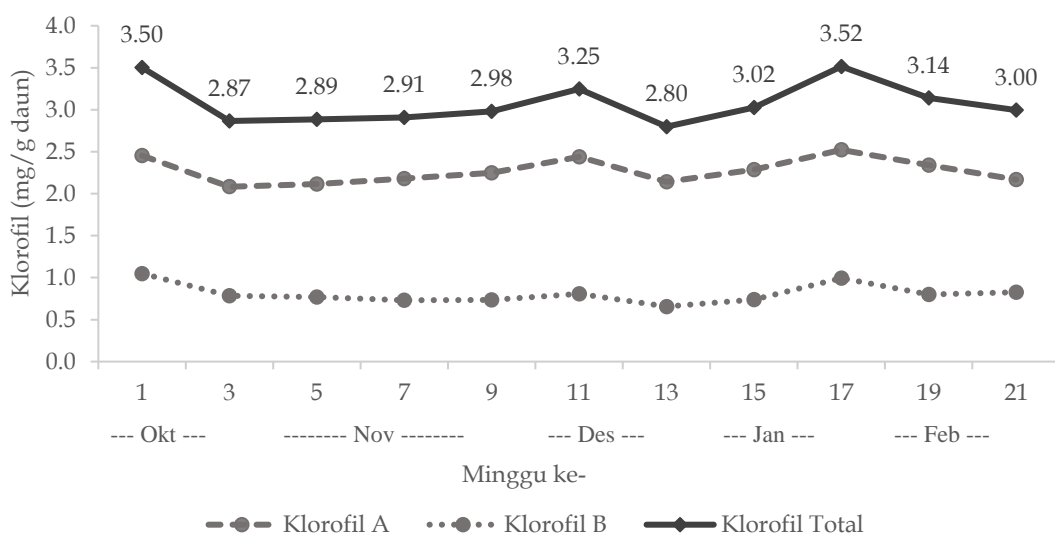
Kandungan klorofil *C. fistula* relatif stabil dari awal hingga akhir periode penelitian (Gambar 7). Rata-rata tertinggi klorofilnya terjadi pada minggu akhir bulan Januari (3,52 mg/g daun) dan terendahnya terjadi pada minggu akhir bulan Desember (2,80 mg/g daun). Warna daun *C. fistula* memang tidak mengalami perubahan yang mencolok sepanjang tahun. Pohon ini sering ditanam di dalam lanskap karena bunganya yang berwarna kuning. Tetapi, selama periode pengamatan, *C. fistula* tidak sedang berbunga. Penelitian lanjutan pada bulan-bulan yang belum diamati mungkin dapat membantu untuk melengkapi hasil studi ini.

Tabel 3. Hasil Analisis Korelasi Pearson antara Klorofil Total dan Nilai RGB Daun *C. fistula*

		<i>Red</i>	<i>Green</i>	<i>Blue</i>
Klorofil Total	<i>Pearson Correlation</i>	-.117	-.434	.202
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	.731	.183	.551

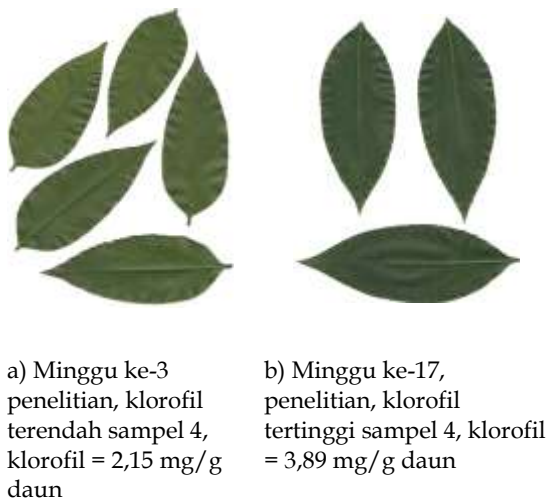
Perubahan warna daun yang terjadi pada *C. fistula* hanya berkisar dari hijau muda hingga hijau tua (Gambar ). Ketika daun baru tumbuh, warna daun adalah hijau muda yang cerah, daun sedikit lebih tipis dan lentur dibandingkan dengan daun dewasa. Daun dewasa memiliki kandungan klorofil lebih banyak sehingga warna hijaunya menjadi lebih gelap. Selain itu, daun cenderung terasa lebih kaku dibandingkan daun muda.

Berbeda dengan *F. glauca* dan *T. catappa* yang menunjukkan adanya korelasi signifikan antara kandungan klorofil dan nilai RGB, *C. fistula* tidak memiliki korelasi signifikan di antara keduanya (Tabel 3). Meski demikian, sama seperti spesies lainnya, nilai *Red* dan *Green* berkorelasi negatif dengan kandungan klorofil total daun sehingga saat kandungan klorofil meningkat, nilai *Red* dan *Green* akan menurun. Tidak signifikannya korelasi antara

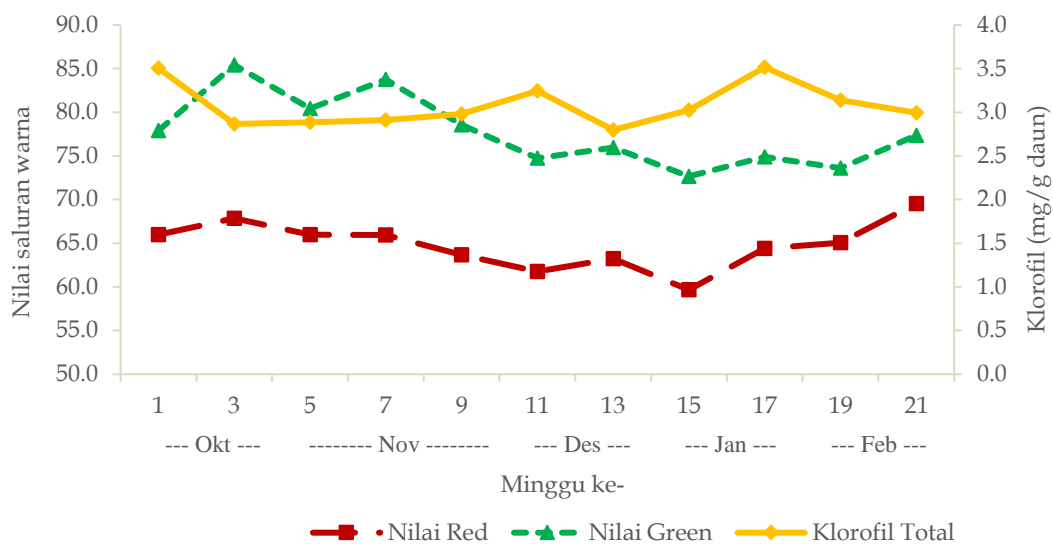


Gambar 7. Grafik Rata-Rata Kandungan Klorofil *C. fistula*

keduanya diduga terjadi karena tidak ada perubahan yang berarti antardata setiap minggunya. Tren yang terlihat dari hasil analisis digitalnya disajikan pada Gambar 9.



Gambar 8. Perubahan Warna Daun *C. fistula* saat Klorofil Rendah (a) dan Tinggi (b)



Gambar 9. Grafik Nilai Saluran Warna RGB *C. fistula* dengan Klorofil Total

### Korelasi Kandungan Klorofil dengan Faktor Iklim

Fenologi tanaman berkaitan erat dengan faktor iklim. Untuk memeriksa hubungan antara perubahan warna daun dengan faktor iklim, analisis Korelasi Pearson dilakukan terhadap kandungan klorofil dan delapan faktor iklim berbeda. Hasil analisis korelasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil analisis korelasi, tidak ada unsur iklim yang berpengaruh nyata terhadap perubahan warna daun ketiga spesies yang diamati. Pada *F. glauca*, unsur iklim yang berpengaruh paling besar adalah kelembaban udara dan nilai korelasinya adalah positif. Hal ini berarti saat kelembaban udara meningkat, kandungan klorofil dalam daun pun meningkat. Kelembaban udara diketahui dapat mempengaruhi fenologi daun. Pada spesies *Betula pendula*, peningkatan kelembaban udara dapat memperlambat waktu terjadinya gugur daun (Godbold *et al.*, 2014). Meski demikian, respon yang ditunjukkan tanaman tidak

universal dan tergantung pada spesies. Pada *F. glauca*, kelembaban udara mungkin dapat meningkatkan kandungan klorofil.

Pada *T. catappa*, faktor yang korelasinya paling kuat adalah faktor radiasi matahari dan korelasinya negatif. Saat radiasi matahari meningkat, kandungan klorofil pada daun akan menurun. Dengan kata lain, daun akan mengalami perubahan warna menjadi kuning, oranye, hingga merah. Perubahan warna merupakan respon atau gejala awal sebelum gugur daun sehingga secara tidak langsung, faktor yang mendorong terjadinya perubahan warna juga mendorong proses gugur daun, meskipun terdapat mekanisme fisiologis berbeda di dalamnya.

Daun *T. catappa* berubah warna menjadi oranye atau merah karena pigmen karotenoid yang ada di dalamnya terekspose. Keberadaan pigmen karotenoid berdampingan dengan pigmen klorofil tetapi dominansi klorofil menutupi warna karotenoid. Adanya paparan sinar matahari disertai gelombang ultraviolet yang terlalu tinggi dapat merusak klorofil dan menyulitkan daun untuk kembali memproduksinya (Chaney, 1997). Oleh karena itu, tingginya radiasi matahari menurunkan kandungan klorofil dalam daun.

Pada *C. fistula*, faktor iklim yang korelasinya paling kuat adalah curah hujan dan korelasinya negatif. Saat curah hujan tinggi, kandungan klorofil daun *C. fistula* akan menurun. Curah hujan diketahui dapat mempengaruhi klorofil pada daun (Li *et al.*, 2018), tetapi penelitian yang sudah ada menunjukkan adanya hubungan positif antara klorofil dan curah hujan. Rendahnya curah hujan cenderung membuat kandungan klorofil menurun dan menyebabkan daun menguning. *C. fistula* mungkin memiliki sifat berbeda atau diperlukan adanya penelitian lanjutan untuk memastikan pengaruh curah hujan terhadap kandungan klorofilnya.

### SIMPULAN

Warna daun dewasa ketiga spesies yang diamati adalah hijau, kemudian mengalami perubahan warna saat daunnya akan gugur. Spesies yang perubahan warnanya

Tabel 4. Hasil Analisis Korelasi Kandungan Klorofil Total Ketiga Spesies dengan Iklim

Faktor Iklim		Klorofil total <i>F. glauca</i>	Klorofil total <i>T. catappa</i>	Klorofil total <i>C. fistula</i>
CH total	<i>Pearson Correlation</i>	.197	.240	-.379
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	.562	.477	.251
CH rata-rata	<i>Pearson Correlation</i>	.198	.274	-.378
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	.560	.415	.252
Hari hujan	<i>Pearson Correlation</i>	.030	.289	-.268
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	.930	.388	.425
Suhu	<i>Pearson Correlation</i>	-.104	-.001	-.034
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	.760	.998	.920
Kelembaban	<i>Pearson Correlation</i>	.511	.401	-.143
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	.108	.222	.675
Angin	<i>Pearson Correlation</i>	-.412	-.392	.142
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	.208	.233	.676
LPM	<i>Pearson Correlation</i>	-.005	.189	-.150
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	.988	.577	.661
Radiasi	<i>Pearson Correlation</i>	-.389	-.495	.067
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	.237	.121	.844

mencolok adalah *F. glauca* dan *T. catappa*. Daun *F. glauca* berubah warna menjadi kuning, sedangkan daun *T. catappa* berubah menjadi oranye atau merah. Warna daun *C. fistula* hanya berkisar dari hijau muda hingga hijau tua. Secara rata-rata, perubahan warna daun pada *F. glauca* dan *T. catappa* terjadi pada awal bulan Januari, sedangkan *C. fistula* terjadi pada akhir bulan Desember. Penelitian lanjutan pada bulan Maret–September diperlukan untuk mengobservasi frekuensi terjadinya perubahan warna dalam setahun.

Terdapat korelasi yang kuat antara nilai *Red*, *Green* dan kandungan klorofil pada daun. Saat kandungan klorofil meningkat, nilai *Red* dan *Green* akan menurun. Berdasarkan hasil ini, penelitian fenologi perubahan warna daun di waktu yang akan datang tidak perlu menganalisis kandungan klorofil, tetapi cukup dengan memindai daun dan menganalisis nilai RGB-nya. Metode ini dapat digunakan apabila penelitian hanya bertujuan untuk mengamati perubahan visual, tanpa menganalisis perubahan fisiologis tanaman.

Belum ditemukan faktor iklim yang memiliki korelasi nyata dengan kandungan klorofil pada daun. Tetapi, faktor iklim yang memiliki nilai korelasi paling besar dengan kandungan klorofil daun pada *F. glauca* adalah kelembaban udara, klorofil akan meningkat saat kelembaban udara meningkat, Pada *T. catappa* adalah radiasi matahari, klorofil akan menurun saat radiasi meningkat. Pada *C. fistula* adalah curah hujan, klorofil akan menurun saat curah hujan meningkat.

#### DAFTAR PUSTAKA

Arnon, D. I. 1949. *Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris*. *Plant Physiology*. 24(1): 1–15. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>

[BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2017. Data iklim Kota Bogor dan sekitarnya bulan

Agustus 2016 hingga Februari 2017. [Tidak dipublikasi]

Chaney, W.R. 1997. *Why Leaves Change Color - The Physiological Basis. The Department of Forestry and Natural Resources*. <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/fnr/fnr-faq-5.pdf> (diakses 20 Apr 2019).

Fitchett, J.M., Grab, S.W., Thompson, D.I. 2015. *Plant phenology and climate change*. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*. 39(4): 460–482. <https://doi.org/10.1177/0309133315578940>

Gilman, E.F., Watson, D.G., Klein, R. W., Koeser, A. K., Hilbert, D. R., McLean, D. C. 2018. *Terminalia catappa: West Indian-Almond*. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/iles/ST/ST62600.pdf> (diakses 24 Apr 2019).

Godbold, D., Tullus, A., Kupper, P., Söber, J., Ostonen, I., Godbold, J.A., Lukac, M., Ahmed I.U., Smith, A.R. 2014. *Elevated atmospheric CO2 and humidity delay leaf fall in Betula pendula, but not in Alnus glutinosa or Populus tremula × tremuloides*. *Annals of Forest Science*. 71(8): 831–842. <https://doi.org/10.1007/s13595-014-0382-4>

Lee, D.W., Gould, K. S. 2002. *Why leaves turn red*. *American Scientist*. 90(6): 524–531. <https://doi.org/10.1511/2002.39.794>

Li, Y., He, N., Hou, J., Xu, L., Liu, C., Zhang, J., Wang Q., Zhang X., Wu, X. 2018. *Factors Influencing Leaf Chlorophyll Content in Natural Forests at the Biome Scale*. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 6: 1–10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00064>

Milton, K., Windsor, D.M., Morrison, D.W., Estribi, M.A. 1982. *Fruiting Phenologies of Two Neotropical Ficus Species*. *Ecology*. 63(3): 752–762. <https://doi.org/10.2307/1936796>



- Moza, M.K., Bhatnagar, A.K. 2005. *Phenology and climate change*. Current Science. 89(2): 243-244.
- Muderrisoglu, H., Aydin, S., Yerli, O., Kutay, E. 2009. *Effects of colours and forms of trees on visual perceptions*. Pakistan Journal of Botany. 41(6): 2697-2710.
- Murakami, P. F., Turner, M. R., Van Den Berg, A.K., Schaberg, P. G. 2005. *An Instructional Guide for Leaf Color Analysis using Digital Imaging Software*. www.scioncorp.com
- Noviawanti, N. 2014. *Periode pembungaan pohon dan aplikasinya dalam taman*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., Anthony, S. 2009. *Cassia fistula Fabaceae - Caesalpinioideae*. Agroforestry Database 4.0 (Vol. 0). <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>
- Ougham, H.J., Morris, P., Thomas, H. 2005. *The Colors of Autumn Leaves as Symptoms of Cellular Recycling and Defenses Against Environmental Stresses*. Current Topics in Developmental Biology. 66: 135-160. [https://doi.org/10.1016/S0070-2153\(05\)66004-8](https://doi.org/10.1016/S0070-2153(05)66004-8)
- Rahmania, F. 2002. *Studi fenologi tanaman hias peneduh*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Schneider, C.A., Rasband, W. S., Eliceiri, K. W. 2012. *NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis*. Nature Methods. 9(7): 671-675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>
- Shimoji, H., Tokuda, G., Tanaka, Y., Moshiri, B., Yamasaki, H. 2006. *A simple method for two-dimensional color analyses of plant leaves*. Russian Journal of Plant Physiology. 53(1): 126-133. <https://doi.org/10.1134/s102144370601016x>
- Thomson, L., Evans, B. 2006. *Terminalia catappa (tropical almond)*. Species Profiles for Pacific Island Agroforestry, ver.2.2(April): 1-20. <http://agroforestry.net/tti/T.catappa-tropical-almond.pdf> (diakses 20 Apr 2019).
- Tinche. 2006. *Studi fenologi pembungaan dan flushing fabaceae*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Tyrväinen, L., Pauleit, S., Seeland, K., De Vries, S. 2005. *Benefits and uses of urban forests and trees*. Urban Forests and Trees: A Reference Book, 81-114. Berlin: Springer. [https://doi.org/10.1007/3-540-27684-X\\_5](https://doi.org/10.1007/3-540-27684-X_5)
- Zhang, M., De Baerdemaeker, J., Schrevels, E. 2003. *Effects of different varieties and shelf storage conditions of chicory on deteriorative color changes using digital image processing and analysis*. Food Research International. 36(7): 669-676. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(03\)00015-2](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00015-2)