

Jurnal Ilmu Kehutanan

Journal of Forest Science
<https://jurnal.ugm.ac.id/jikfkt>



Penggunaan Citra Satelit untuk Mengetahui Persebaran *Dacrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub. di Bukit Tapak, Cagar Alam Batukahu Bali *Usage of Satellite Imagery to Determine Distribution of *Dacrycarpus imbricatus* (Blume) De Laub. on The Tapak Hill, Batukahu Natural Reserve Bali*

Rajif Iryadi^{*}, Arief Priyadi, & I Dewa Putu Darma

Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya “Eka Karya” Bali-LIPI, Candikuning, Baturiti, Tabanan, Bali 82191

*Email: rajioo1@lipi.go.id

HASIL PENELITIAN

Riwayat naskah:

Naskah masuk (received): 18 Agustus 2016

Diterima (accepted): 22 Juni 2017

KEYWORDS

pleiades
interpretation
accuracy
canopy
conservation

KATA KUNCI

pleiades
interpretasi
akurasi
kanopi
konservasi

ABSTRACT

*Pleiades image is an important asset to obtain data and information with regard to the structure of the vegetation in the forest that are difficult to measure directly as the area is inaccessible and has a large coverage. *Dacrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub. is the one of typical plants on the Tapak Hill which has the conservation and economic values. This study aimed to determine the location and distribution of *D. imbricatus* using Pleiades satellite image that had a high spatial resolution. The determination of site characteristics was conducted by visual interpretation of high resolution satellite imagery Pleiades 2014 and elevation spatial data. Pleiades accuracy in the identification cover of *D. imbricatus* reached 96.83% and total accuracy mapping reached 93.38% with kappa coefficient of 88.64%. The distribution of *D. imbricatus* in Tapak Hill showed actual habitat range narrower than of its potential, which was distributed on the elevation of 1,321 – 1,800 m asl with a percentage of 89,52% from its total cover. About 79.29% of the coverage laid on the slope of 25.1 to 55%, whereas the rest on the slope of >25%. This information is important related to sustainability and conservation efforts for this gymnosperm plant in Tapak Hill.*

INTISARI

Citra Pleiades merupakan aset penting untuk memperoleh data dan informasi tentang struktur vegetasi di hutan yang sulit untuk diukur langsung karena wilayah yang tidak dapat diakses dan memiliki cakupan luas. *Dacrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub. merupakan salah satu tanaman khas di Bukit Tapak yang memiliki nilai konservasi dan nilai ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persebaran *D. imbricatus* menggunakan data citra satelit Pleiades yang memiliki resolusi spasial tinggi. Penelitian dilakukan dengan interpretasi visual pada citra satelit Pleiades tahun 2014 dan data spasial elevasi. Akurasi citra Pleiades dalam identifikasi tutupan *D. imbricatus* mencapai 96,83% dan ketelitian

total pemetaan mencapai 93,38% dengan koefisien *kappa* 88,64%. Persebaran *D. imbricatus* di Bukit Tapak memiliki *range* habitat aktual lebih sempit dibandingkan dengan *range* potensialnya yakni pada elevasi 1.321-1.800 mdpl dengan persentase tutupan 89,52% dari total tutupannya. Lereng Bukit Tapak dengan kemiringan 25,1-55% memiliki lingkup tutupan *D. imbricatus* sebesar 79,29% dari total tutupannya dan sisanya pada lereng >25%. Informasi tersebut penting terkait dengan kelestarian dan usaha konservasi salah satu jenis tumbuhan berbiji terbuka ini di Bukit Tapak.

© Jurnal Ilmu Kehutanan-All rights reserved

Pendahuluan

Dacrycarpus imbricatus (Blume) de Laub. termasuk dalam famili Podocarpaceae. Persebarannya di Indonesia mulai dari Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Bali, NTB, NTT dan Papua (Lemmens et al. 1995). Thomas (2013) menyebutkan bahwa status konservasi jenis ini adalah *least concern* karena distribusinya yang luas dari China selatan sampai ke Fiji di Pasifik barat daya namun di beberapa lokasi secara lokal disebutkan dalam status yang berbeda. Jenis ini di China tergolong dalam status *vulnerable* (Su et al. 2010), di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru memiliki status langka dan di Kintamani Bali memiliki status *extinct in the wild* (Sujarwo 2014). *D. imbricatus* banyak dijumpai di habitat *sub-montane* ataupun habitat *montane* pada ketinggian 800-2.500 mdpl dan terkadang tumbuh di ketinggian 3.600 mdpl (Lemmens et al. 1995). Menurut Sunarno & Rugayah (1992), *D. imbricatus* di Bali dikenal dengan nama cemara pandak.

Pola penyebaran jenis *D. imbricatus* adalah mengelompok, yaitu tumbuh pada ketinggian tempat 1.400 - 2.075 mdpl dengan kemiringan 3-40%, suhu 15 - 25°C, kelembaban 73 -100%, hidup di hutan campuran basah atau di hutan cemara (de Laubenfels 1988; Setiawan et al. 2014). Selanjutnya, Rahadiantoro et al. (2013) menyebutkan *D. imbricatus* bisa menjadi langka dan terancam punah akibat penggundulan hutan yang cepat dan pembalakan liar besar-besaran. *D. imbricatus* memiliki berbagai kegunaan yaitu menghasilkan resin, kayunya digunakan untuk

konstruksi, furnitur, dan kayu bakar. Selain itu, *D. imbricatus* merupakan salah satu jenis tumbuhan yang digunakan sebagai sarana upacara adat masyarakat Hindu di Bali (Sumantera 2004).

Secara umum, laporan-laporan mengenai distribusi pohon di habitat alaminya termasuk juga *D. imbricatus* berdasarkan pada analisis vegetasi konvensional (Bramasto 2008). Seiring dengan perkembangan teknologi penginderaan jauh dewasa ini, citra satelit dapat dimanfaatkan sebagai metode alternatif. Teknologi citra satelit telah mampu menghasilkan produk citra beresolusi spasial tinggi yang sangat membantu dalam kajian studi vegetasi baik itu untuk menilai kerapatan tutupan vegetasi bahkan sampai pengenalan ke kelompok vegetasi tertentu dan meliputi area yang luas. Teknologi ini dapat diterapkan membantu para pemangku kepentingan dalam pengelolaan kawasan hutan, sebagai contohnya adalah penyediaan data dan informasi kawasan (Maryudi 2016).

Citra satelit resolusi spasial tinggi memiliki potensi secara krusial dalam menganalisis kerapatan vegetasi untuk memangkas biaya dan waktu dalam manajemen kehutanan (Zhou et al. 2013). Kemampuan spasial sekaligus spektral yang tinggi meningkatkan kemungkinan pemanfaatan citra untuk kegiatan-kegiatan praktis kehutanan. Dalam hal ini, data yang digunakan adalah citra foto udara CASI (*Compact Airborne Spectrographic Imager*) yang dapat menjelaskan dua puluh jenis pohon yang berasal dari delapan famili dengan pengolahan citra digital (Jaya 2002). Citra digital biasanya disajikan

pada layar monitor, dimana setiap nilai piksel mengekspresikan nilai pantulan/pancaran objek yang sebagian besar disumbangkan oleh permukaan objek pada setiap luasan tertentu (Danoedoro 2012). Oleh karena itu, pengenalan permukaan objek dapat dikenali dengan menganalisis nilai pikselnya. Selain itu juga, pola spasial suatu objek secara mental/spesifik mempermudah untuk mengenali objek yang dikaji (Danoedoro 2012).

Bukit Tapak dengan luasan ± 982 ha termasuk dalam Cagar Alam Batukahu merupakan kawasan yang berada pada cekungan terkungkung Bedugul Bali. Citra satelit Pleiades secara spesifik memiliki resolusi spasial 0,5 m. Dalam mengenali suatu objek, citra tersebut membawa empat sensor spektrum (biru, hijau, merah dan inframerah dekat) dengan lingkup areal perekaman 1.000 km x 1.000 km. Jaya (2002) menyebutkan bahwa *band*/spektrum infra-merah-dekat (*near infrared*) akan memegang peranan yang sangat penting dalam identifikasi jenis pohon.

Kajian tentang pengumpulan data persebaran jenis *D. imbricatus* sangat diperlukan sebagai bahan dasar informasi tentang jenis tersebut jika akan dikembangkan secara luas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik persebaran *D. imbricatus* secara spasial menggunakan data citra satelit Pleiades yang memiliki resolusi spasial tinggi. Akurasi citra resolusi tinggi dan pemanfaatan variasi spektral diharapkan membantu dalam interpretasi visual posisi pohon *D. imbricatus* dewasa di lapangan.

Bahan dan Metode

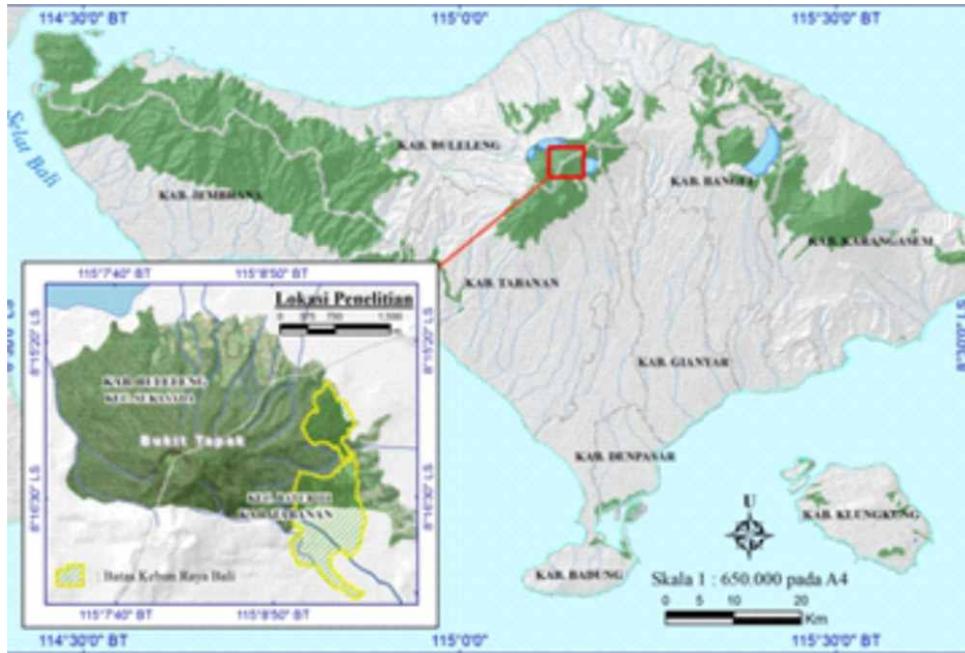
Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di wilayah Bukit Tapak, termasuk di dalamnya area Kebun Raya Bali (KRB). Secara geografis, lokasi penelitian berada di antara 8,25° - 8,28° LS dan 115,12° - 115,17° BT. Secara administratif, lokasi penelitian berada di Kecamatan Baturiti, Kabupaten Tabanan serta sebagian masuk Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng, Bali

(Gambar 1). Kegiatan lapangan dan pengolahan data dilaksanakan pada bulan April 2014 sampai Maret 2015. Pembatasan wilayah penelitian dilakukan berdasarkan geomorfologi lereng wilayah Bukit Tapak menggunakan data ketinggian dari kontur dan Digital Elevasi Model (DEM). Ketinggian lokasi penelitian antara 1.200 - 1.909 mdpl. Tipe musim daerah penelitian merupakan tipe iklim *monsoon* dimana musim penghujan terjadi pada bulan November-Maret dan musim kemarau pada bulan Mei-September (Aldrian & Susanto 2003). Data jumlah curah hujan tahunan kawasan Bukit Tapak dalam lima tahun terakhir (2011- 2016) adalah 2964,8 mm/tahun. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari yaitu dengan nilai rerata 606,25 mm/bulan dan terendah terjadi pada bulan September dengan curah hujan rerata 10,417 mm/bulan, dimana suhu lingkungannya berkisar 18,75-21,3 °C dan kelembaban udara relatif antara 50-61% RH (data primer BMKG kelas II Negara 2016). Areal penelitian mencakup tutupan hutan alami, sebagian hutan reboisasi homogen, sebagian area KRB dan sebagian lereng bawahnya berupa lahan pertanian dan pemukiman. Komposisi vegetasi hutan alami yang khas tumbuh di Bukit Tapak merujuk pada Sumantera (2004), dimana tumbuhan khas di kawasan hutan Bukit Tapak adalah *Dacrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub. (cemara pandak), *Pinanga arinasae* Witono (nyabab), *Dicksonia blumei* (Kunze) Moore (paku kidang), *Euchresta horsfieldii* (Lesch.) Benn. (purnajiwa), *Cyathea contaminans* (Wall. Ex Hook.) Copel. (lempunah) dan *Pinanga coronate* (Blume ex Mart.) Blume (peji).

Pengamatan Sampel Pohon

Sampel ditentukan dengan metode *purposive*, yaitu masing-masing tiga pohon *D. imbricatus* di KRB dan di Bukit Tapak. Terhadap tiap-tiap sampel dilakukan pengukuran diameter batang setinggi dada (dbh) dengan *Yamayo phi-band*, dan tinggi pohon dengan *Nikon Forestry Pro digital rangefinder*. Adapun data fisik tanah lokasi sampel yang diamati mencakup nilai pH dan kadar lengas tanah, dengan



Gambar 1. Peta lokasi penelitian
Figure 1. Map of study area

Demetra DM-5 soil tester. Koordinat geografis dan ketinggian tempat lokasi sampling ditentukan dengan *GPS Garmin GPSMAP 78s*. Data lapangan ini selanjutnya juga digunakan dalam uji akurasi interpretasi visual mengenai tutupan vegetasi *D. imbricatus*. Uji ini dilakukan dengan membuat grid ukuran 1 cm x 1 cm pada citra skala 1:100. Selanjutnya, data lapangan ini dihubungkan secara spasial dengan data kelas elevasi dari data peta topografi.

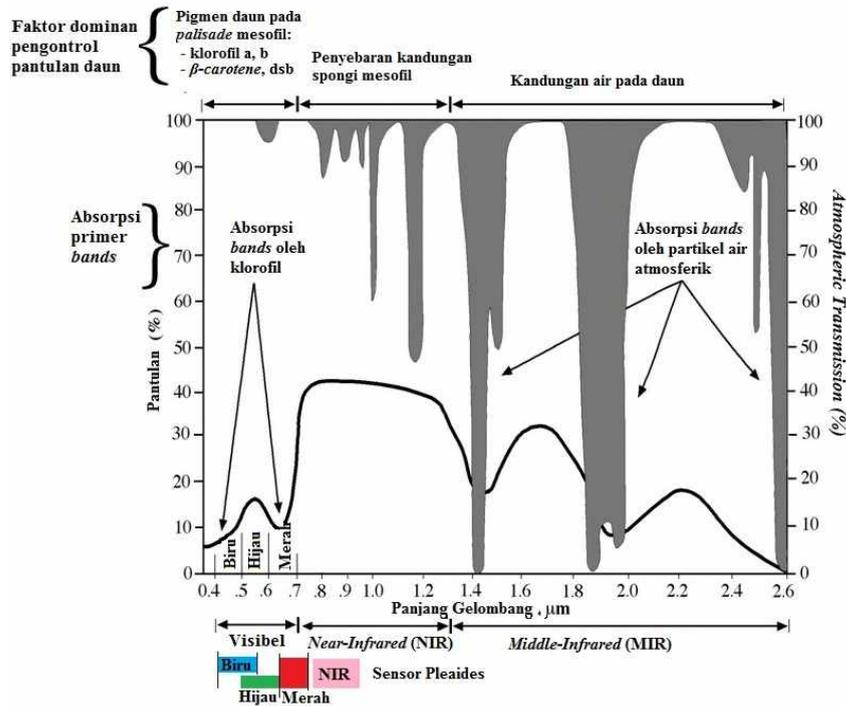
Interpretasi Citra Satelit

Terhadap setiap sampel dilakukan identifikasi karakter spektral warna, tekstur, dan pola tampilan kanopinya. Referensi karakter tersebut selanjutnya digunakan sebagai rujukan dalam interpretasi visual *D. imbricatus* pada kawasan Bukit Tapak. Delapan unsur kunci interpretasi, yaitu: rona/warna, bentuk, ukuran, bayangan, tekstur, pola, situs, dan asosiasi pada citra satelit resolusi tinggi Pleiades tahun 2014 digunakan untuk tujuan tersebut. Citra satelit Pleiades memiliki spesifikasi resolusi spasial 0,5 meter dengan spektrum yang digunakan yaitu: biru (0,43-0,55 μm), hijau (0,49-0,61 μm), merah (0,6-0,72 μm), dan inframerah dekat/*near infrared* (NIR) (0,75 - 0,95 μm) (LAPAN 2015). Pengenalan pola pantulan

vegetasi terhadap spektrum tertentu sangat membantu dalam pengenalan suatu objek vegetasi (Gambar 2). Nilai pantulan yang tinggi untuk spektral vegetasi terbentuk pada spektrum inframerah-dekat (*near infrared*). Hal ini dipengaruhi oleh struktur internal daun.

Kondisi sebaliknya terjadi pada spektrum cahaya tampak/*visible* (merah, hijau, biru), karena absorpsi oleh vegetasi dipengaruhi oleh pigmen daun (klorofil, karotin, dan xantofil). Namun demikian, dalam spektrum hijau terjadi sedikit kenaikan nilai pantulan disebabkan oleh pigmen daun yang hijau (Jensen 1995). Komposit warna semu citra satelit dengan sistem RGB (*Red-Green-Blue*) dilakukan dengan memasukkan spektrum inframerah-dekat ke R (*red*), spektrum merah ke G (*green*) dan spektrum hijau ke B (*blue*). Dengan teknik tersebut, dihasilkan tampilan digital warna merah yang spesifik untuk tutupan vegetasi *D. imbricatus* dewasa.

Selanjutnya, identifikasi objek tutupan vegetasi di Bukit Tapak dilakukan untuk *D. imbricatus* dan vegetasi lainnya. Perhitungan uji akurasi secara sederhana dapat dihitung sebagai jumlah grid yang teridentifikasi secara benar dibagi dengan jumlah



Gambar 2. Pola spektral pantulan vegetasi (Jensen 1995 dengan modifikasi).
Figure 2. Spectral reflectance pattern of vegetation (Jensen 1995 with modification).

total grid yang terlibat (Mather & Koch 2011). Meskipun demikian, metode ini dalam studi penginderaan jauh tidak pernah direkomendasikan (Danoedoro 2012). Oleh karena itu, metode uji akurasi yang direkomendasikan merujuk pada Short (1982) dengan mempertimbangkan dua sisi, yaitu sisi penghasil peta (*producer's accuracy*) dan sisi pengguna peta (*user's accuracy*). Pengukuran akurasi tersebut kemudian dikembangkan dengan pengukuran akurasi dalam bentuk indeks multivarian yang bertumpu pada penelitian Cohen (1960) dengan membandingkan dengan nilai *kappa*, maka nilai akurasi yang telah dievaluasi cenderung *under-estimated* (Foody 2002). Persamaan-persamaan untuk penentuan nilai-nilai akurasi tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Akurasi Total} = \frac{(x_i)}{N} \times 100\%$$

$$\text{Producer's Accuracy} = \frac{(x_i / z_i) / m}{N} \times 100\%$$

$$\text{User's Accuracy} = \frac{(x_i / y_i) / n}{N} \times 100\%$$

$$\text{Kappa} = \frac{N \sum_{k=1}^r X_{kk} - \sum_{k=1}^r (X_{k+} X_{+k})}{N^2 - \sum_{k=1}^r (X_{k+} X_{+k})} \times 100\%$$

x_i : jumlah kotak yang terkoreksi masuk ke kelas i , N : jumlah total kotak, z_i : jumlah kotak yang teridentifikasi ke kelas i , m : jumlah kelas, y_i : jumlah kolom, n : jumlah kotak yang diuji, r : jumlah baris dalam matriks, X_{kk} : jumlah pengamatan pada baris yang teridentifikasi ke kelas i dan kolom i , X_{k+} dan X_{+k} : total marginal dari baris yang teridentifikasi ke kelas i dan kolom i .

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Sampel *D. imbricatus*

Titik sampel lapangan diperoleh dari lokasi Kebun Raya Bali (KRB) yang sudah teridentifikasi sebagai *D. imbricatus* dan titik di kawasan Bukit Tapak yang diidentifikasi secara individual maupun kolektif objek diinterpretasikan sebagai area lokasi *D. imbricatus* (Tabel 1).

Berdasarkan data pada Tabel 1, terlihat bahwa wilayah sampel yang ada di kawasan KRB dan di wilayah Bukit Tapak memberikan penjelasan yang

Tabel 1. Titik sampel *D. imbricatus*
Table 1. Sample point of *D. imbricatus*

Sampel	Nama	Dbh (cm)	Tinggi pohon (m)	Elevasi (mdpl)	pH tanah	Lengas tanah (%)	Lokasi
1	<i>D. imbricatus</i>	121,2	25	1343	6	68	KRB
2	<i>D. imbricatus</i>	208	24,8	1332	5,6	80	KRB
3	<i>D. imbricatus</i>	110,2	37	1321	5,7	85	KRB
Rerata KRB		146,47	28,93	1332,00	5,77	77,67	-
4	<i>D. imbricatus</i>	45,5	18,4	1796	5,6	55	Kawasan Bukit Tapak
5	<i>D. imbricatus</i>	62	40	1802	6	60	Kawasan Bukit Tapak
6	<i>D. imbricatus</i>	117,5	50	1601	6,5	90	Kawasan Bukit Tapak
Rerata Bt. Tapak		75,00	36,13	1733,00	6,03	68,33	-

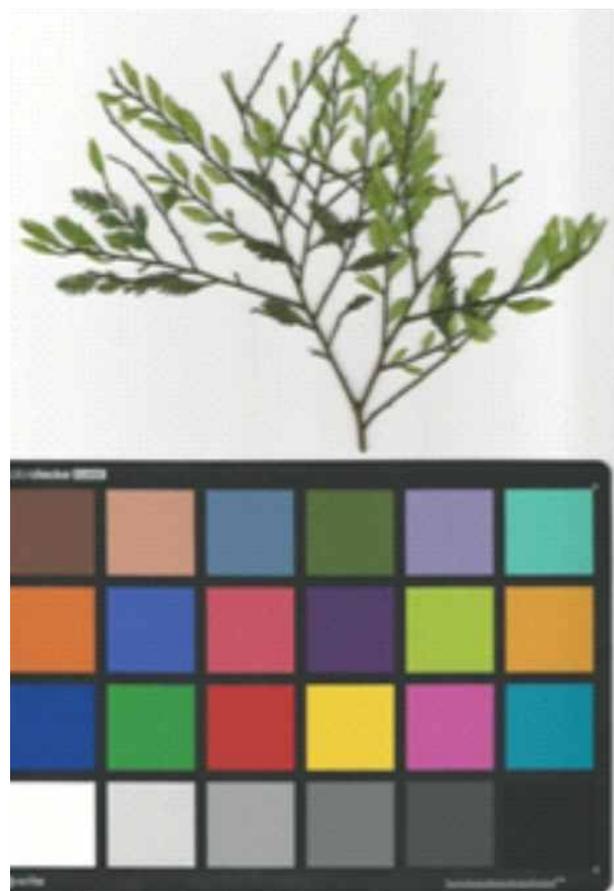
Keterangan: Dbh= diameter at breast height (lingkar batang setinggi dada), KRB= Kebun Raya Bali
 Remark: Dbh = Diameter at breast height, KRB = Bali Botanic Garden

berbeda. Kondisi fisik tempat tumbuh yang masih alami yaitu di kawasan Bukit Tapak dengan kondisi pH tanah antara 5,6-6,5 yang menunjukkan bahwa tingkat pH tanahnya cenderung agak asam. Lengas tanahnya menunjukkan beberapa perubahan tingkat yang signifikan, dimana nilai lengas tanah menunjukkan 6% dari kadar lengas jenuhnya yang menunjukkan kondisi kering dimana pengaruh dari elevasi 1.802 mdpl dan lokasi yang berada di punggung lereng. Ditemukan juga kadar lengas yang sangat lembab dimana nilai lengas tanah menunjukkan 90% dari kadar lengas jenuhnya dan ditemukan pada elevasi 1.601 mdpl. Kondisi fisik tanah pada sampel-sampel di kawasan KRB memiliki rentang nilai pH 5,6-6 masih dalam kondisi agak asam dan kelembaban tanahnya menunjukkan rentang 68-85% dari kadar lengas jenuh jenis tanahnya. Sampel pohon di KRB merupakan tumbuhan *native* yang tumbuh secara alamiah, artinya tumbuh sebelum adanya KRB, walaupun pada saat sekarang lokasi sampel tersebut sudah mengalami pembangunan fisik seperti jalan, taman, petak koleksi, dan kantor.

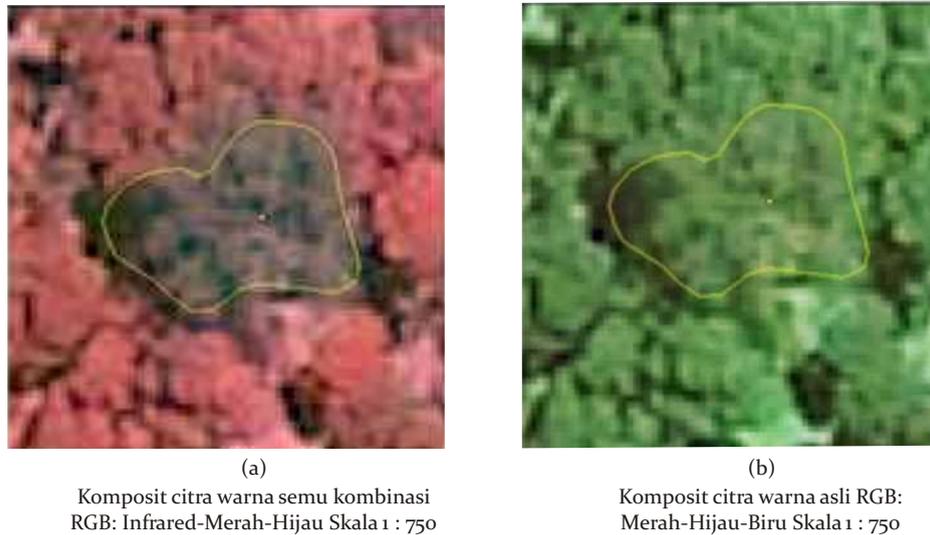
Interpretasi Citra

Pola susunan daun *D. imbricatus* secara morfologi pada saat masih muda seperti jarum namun setelah tua akan tersusun seperti susunan genting (*imbricate*: susunan daun tumpang susun seperti genteng) (Gambar 3). Hal inilah yang mengakibatkan pola pantulan spektral vegetasinya memiliki karakter secara visual jika menggunakan spektrum

inframerah-dekat pada citra Pleiades (0,75-0,950 μm). Sensor pada IR-dekat sangat bagus untuk identifikasi karakter objek vegetasi (Jensen 1995). Pemanfaatan komposit citra satelit Pleiades dengan tampilan RGB (*Red-Green-Blue*) menggunakan formasi IR-merah-hijau akan mempermudah identifikasi *D. imbricatus* (Gambar 4). Hasil interpretasi citra satelit Pleiades berdasarkan delapan kunci interpretasi mengenai



Gambar 3. Morfologi daun *D. imbricatus*.
Figure 3. Leaf Morphology of *D. imbricatus*.



Gambar 4. Perbandingan tampilan visual *D. imbricatus* (ditandai dengan garis-melingkar kuning) pada citra Pleiades: (a) citra komposit warna semu (Inframerah dekat) dan (b) citra komposit warna asli.

Figure 4. Visual display comparison of *D. imbricatus* (marked with yellow circle-line) on Pleiades imagery: (a) pseudo-color composite (near infrared) imagery and (b) true color composite imagery.

tutupan kanopi yang diidentifikasi sebagai *D. imbricatus* di kawasan Bukit Tapak, merujuk pada hasil pengamatan sampel *D. imbricatus* yang telah diketahui terlebih dahulu dari koleksi KRB.

Karakter daun *D. imbricatus* mengakibatkan tampilan visual khas pada komposit spektrum inframerah dekat, merah, dan hijau. Pada citra *output* terlihat rona merah kehitaman dan tekstur agak blur, dengan pola kanopi pohon *D. imbricatus* dewasa agak membulat serta ukurannya besar (Gambar 4). Hal tersebut berbeda dengan tampilan citra warna asli, dimana kenampakan kanopinya sulit dibedakan dengan vegetasi lainnya. Morfologi karakter tutupan kanopi membantu menganalisis obyek-obyek yang diinterpretasi sebagai pohon *D. imbricatus*.

Persebaran *D. imbricatus* Berdasarkan Interpretasi Citra

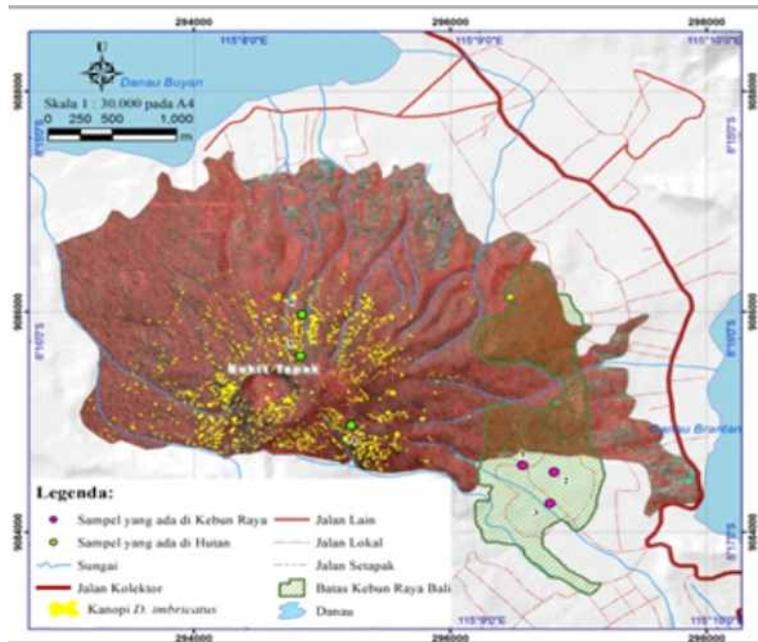
Identifikasi *D. imbricatus* ditekankan pada pohon dewasa yang dapat terdeteksi pada data Pleiades berdasarkan sampel yang memiliki lingkaran batang setinggi dada lebih dari 45,5 cm dan tinggi pohon lebih dari 18,4 m. Pengaruh keanekaragaman hutan heterogen kawasan Bukit Tapak dan tutupan jenis vegetasi yang berbeda menyebabkan adanya keterbatasan dalam interpretasi *D. imbricatus*. Dengan demikian, analisis identifikasi *D. imbricatus* menggunakan citra Pleiades yang sesuai adalah analisis tutupan kanopi, bukan deteksi individu-individu pohon secara terpisah (Gambar 5).

Akurasi ketelitian citra Pleiades pada Tabel 2 menunjukkan total pemetaan adalah 93,38% dengan koefisien *kappa* 88,64%. Untuk identifikasi tutupan *D.*

Tabel 2. Uji akurasi pemetaan
Table 2. Test accuracy of mapping

Citra	<i>D. imbricatus</i>	Vegetasi lain	Jumlah	UA (%)	PA (%)	OE (%)	KE (%)	Ketel. Pemetaan (%)
Lapangan								
<i>D. imbricatus</i>	309	10	319	96,87%	90,62%	3,13%	9,38%	96,83%
Vegetasi lain	32	283	315	89,84%	96,59%	10,16%	3,41%	89,80%
Jumlah	341	293	634					93,38%

Keterangan: UA= *user's accuracy*, PA = *producer's accuracy*, OE = Omission error, KE = Commission error
Remark: UA= *user's accuracy*, PA = *producer's accuracy*, OE = omission's error, KE = commission's error



Gambar 5. Peta sebaran *D. imbricatus* hasil interpretasi citra Pleiades dan data titik sampel *D. imbricatus* di Bukit Tapak.

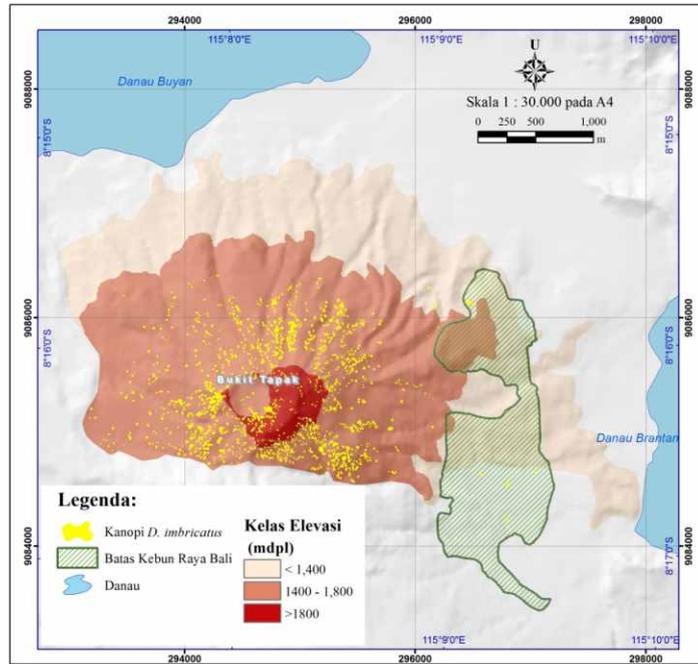
Figure 5. Map of *D. imbricatus* distribution, based on interpretation result of Pleiades imagery and sample points on Tapak Hill.

imbricatus, tingkat akurasi pemetaan menggunakan citra Pleiades mencapai 96,83% dan kelas vegetasi lainnya 89,80%. Hasil dari sisi pengguna data citra menunjukkan *user's accuracy* memiliki ketelitian 96,87% namun dari sisi penghasil peta yaitu *producer's accuracy* menunjukkan nilai 90,62%. Nilai ini lebih rendah dikarenakan dalam proses interpretasi dan penyusunan peta tutupan *D. imbricatus* memiliki jumlah rasio kesalahan lebih besar dari segi pembacaan data petanya. Hasil akurasi ini merujuk pada ahli agronomi yang umumnya hasil uji akurasi dapat diterima dengan nilai akurasi sama dengan 90% atau lebih, untuk kelas-kelas tanaman (Danoedoro 2012) sehingga hasil identifikasi tutupan *D. imbricatus* masih bisa diterima dengan baik.

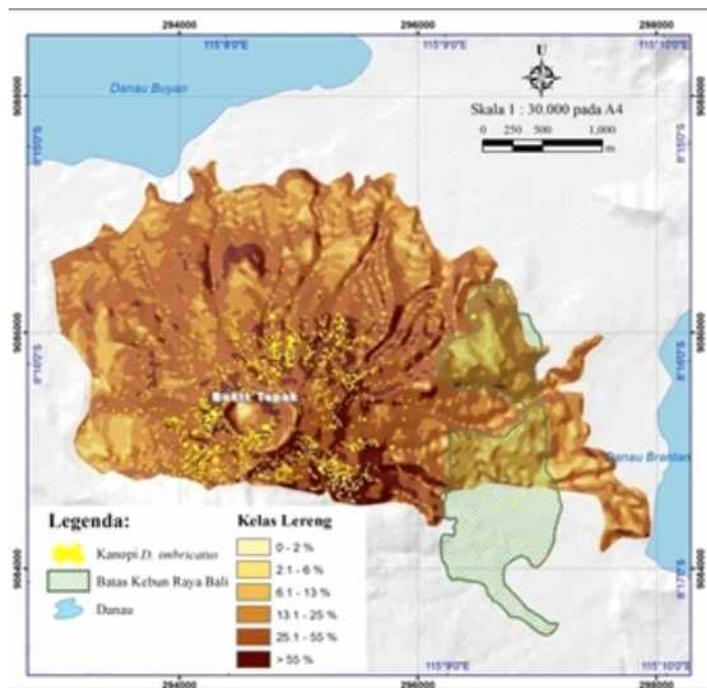
Pola sebarannya menunjukkan dominasi lokasi tanaman *D. imbricatus* tersebar pada kelas elevasi 1.321–1.802 mdpl (Tabel 1) yang menunjukkan lokasi tersebut secara alami sebagai lokasi yang ideal untuk tumbuhnya *D. imbricatus* pada Bukit Tapak (Gambar 6). Hal ini sesuai dengan hasil interpretasi data hasil studi palinologi oleh Lie et al. (2012), bahwa *D. imbricatus* di kompleks Batukaru (termasuk Bukit

Tapak) tumbuh di ketinggian tempat kurang dari 1.800 mdpl. Adapun di tempat lain, kisaran tempat tumbuh jenis ini bisa jadi berbeda. Sebagai contoh, Sawada et al. (2016) melaporkan bahwa di Gunung Kinabalu Borneo jenis ini ditemukan pada elevasi 1.950–3.080 mdpl, di Gunung Gede Pangrango Jawa Barat 1.000–2.400 mdpl (Bramasto 2008, Setiawan et al. 2014, dan Rozak et al. 2017), di Gunung Ceremai Jawa Barat mendominasi pada elevasi 1.800–2.500 mdpl (de Laubenfels 1988). *D. imbricatus* di Borneo tersebar pada satuan geologi *ultrabasic/quaternary* dan batuan sedimen Sawada et al. (2016). Perbedaan karakter lokasi elevasi sebaran *D. imbricatus* ini dapat dipengaruhi oleh karakter geologi maupun geomorfologi wilayahnya.

Pola populasi *D. imbricatus* di Bukit Tapak lebih banyak tumbuh pada lereng 25,1–55% (terjal) dan sebagian terdapat di lereng >55% (sangat terjal) kemudian berkurang apabila lereng mulai melandai (Gambar 7). Kondisi tersebut secara garis besar berkesesuaian dengan *D. imbricatus* yang tumbuh secara alami pada Resort Cibodas dan Salabintana Taman Nasional Gede Pangrango yang lebih banyak



Gambar 6. Peta sebaran *D. imbricatus* dan kelas elevasi ketinggian di Bukit Tapak.
 Figure 6. Map of *D. imbricatus* distribution and elevation classes on Tapak Hill.



Gambar 7. Peta sebaran *D. imbricatus* dan kelas lereng di Bukit Tapak.
 Figure 7. Map of *D. imbricatus* distribution and slope classes on Tapak Hill

ditemukan pada kelerengan 20–29% dan sulit ditemukan pada lahan yang datar dan ketinggian yang rendah (Bramasto 2008). Kondisi beberapa *D. imbricatus* tumbuh di lereng sangat terjal (>55%) di Bukit Tapak berkaitan dengan kondisi tutupan vegetasi pada areal tersebut dimana tutupan vegetasi

Bukit Tapak memiliki kerapatan tutupan vegetasi mencapai 94% (Iryadi & Sadewo 2015) yang dapat mengurangi proses pencucian unsur hara tanah maupun erosi akibat limpasan karena air hujan tidak langsung mengenai ke permukaan tanah namun tertahan oleh tutupan vegetasi.

Geomorfologi kawasan Bukit Tapak merupakan formasi vulkanik. Menurut RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) Tabanan, jenis tanahnya adalah andosol (Pemda Kabupaten Tabanan 2012). Karakter fisik tanah di lokasi *D. imbricatus* berada diamati secara fisik dimana memiliki struktur remah dan apabila digali ke bawah agak gumpal warna coklat keabuan yang berarti merupakan hasil dari pelapukan abu vulkanik. Spesies *D. imbricatus* menyukai tanah yang subur dengan humus tebal dan dapat tumbuh pada tanah pasir dan tanah kurang subur dan jenis tanah yang cocok adalah regosol dan andosol (Hidayah 2011; Sunarno & Rugayah 1992; Tantra 1981; Bramasto 2008).

Habitat dan Persebaran Lokal

Poin penting dari hasil analisis data citra satelit untuk mendeteksi keberadaan dan persebaran *D. imbricatus* di Bukit Tapak, ialah jenis pohon ini tumbuh mengelompok pada elevasi 1.321–1.800 mdpl. Hal ini menunjukkan pada kisaran elevasi ini merupakan dominasi tumbuhnya *D. imbricatus* dengan persentase tutupan *D. imbricatus* dari keseluruhan di Bukit Tapak mencapai 89,52% dan sisanya berada pada elevasi >1.800 mdpl. Terkait dengan elevasi, salah satu jenis tumbuhan berbiji terbuka ini dilaporkan dapat tumbuh kategori *sub-montane* s.d. *montane* 800–2.500 mdpl. Hasil interpretasi citra satelit menunjukkan bahwa *range* habitat aktual jenis ini di Bukit Tapak lebih sempit dibandingkan dengan *range* potensialnya. Tutupan *D. imbricatus* dengan sebaran paling banyak yaitu pada lereng 25,1–55% dengan lingkup tutupan mencapai 79,29% dari total tutupan *D. imbricatus* di Bukit Tapak. Untuk lereng >55% ditemukan sekitar 17,9% tutupan dan sebagian kecil yaitu 2,78% sebarannya pada kelerengan <25,1%. Berdasarkan data kelerengan tersebut, pohon ini tumbuh pada lereng-lereng terjal di Bukit Tapak. *Range* sempit persebaran *D. imbricatus* di Bukit Tapak juga dapat dijelaskan berdasarkan konsep migrasi tumbuhan dalam skala geografis. Dalam hal ini, terdapat faktor sentrifugal

yang mengarah pada perluasan area persebaran dan faktor sentripetal yang membatasi/mempersempitnya (Sauer 1988; Morley 2011; Elzen et al. 2016). Persebaran suatu jenis secara spasial merupakan produk dari rekrutmen semai (*seedling recruitment*) yang dibatasi oleh persebaran biji dalam kawasan hutan (Bin et al. 2012). Adapun faktor yang membatasi persebarannya adalah faktor pembatas lingkungan sebagai kontrol perkecambahan biji dan tahap pertumbuhan selanjutnya (Sauer 1988). Diketahui bahwa *D. imbricatus* adalah golongan tumbuhan berbiji terbuka yang paling tidak tahan terhadap kekeringan (Enright & Jaffré 2011), pemencaran biji dibantu oleh burung (Wilf 2012), merupakan tumbuhan *dioecious* (de Laubenfels 1988), dan di lain pihak jenis ini merupakan tumbuhan dataran tinggi (Steenis 2006; Li et al. 2013).

Sebagai jenis pohon berumah dua, penyerbukan sangat tergantung pada faktor angin dan sistem penyerbukan semacam ini diketahui tidak efisien. Selanjutnya, apabila terbentuk biji viabel pun, tanpa adanya agen pemencar biji-biji tersebut hanya akan terdistribusi di sekitar pohon induk. Berdasarkan hipotesis Janzen-Connell (Comita et al. 2014), peluang biji suatu jenis tumbuhan untuk tumbuh dan berkembang menjadi individu baru berbanding lurus dengan jarak dari individu induk. Salah satu alasannya adalah adanya musuh-musuh alami di sekitar individu induk. Sebagai contoh interaksi tersebut adalah dalam pengamatan perkecambahan biji *D. imbricatus* di KRB, biji yang berkecambah, teramati dimakan oleh semut hitam. Dengan demikian, faktor-faktor tersebut dapat menjelaskan sempitnya area persebaran *D. imbricatus* di Bukit Tapak.

Kesimpulan

Identifikasi *D. imbricatus* di Bukit Tapak pada komposit citra Pleiades dapat dilakukan pada spektrum inframerah-dekat, merah, dan hijau. Dengan komposit tersebut, tutupan kanopi *D. imbricatus* terlihat rona merah tua kehitaman, tekstur

agak blur dan pola kanopi agak membulat, berbeda dengan tutupan kanopi jenis lain. Interpretasi visual citra satelit Pleiades pada komposit warna semu mempermudah dalam mengidentifikasi objek tanaman tersebut.

Persebaran *D. imbricatus* di Bukit Tapak menunjukkan *range* habitat aktualnya lebih sempit dibandingkan dengan *range* potensialnya. Distribusi spasial dan eksistensi *D. imbricatus* di Bukit Tapak merupakan produk dari rekrutmen semainya (*seedling recruitment*) yang dipengaruhi faktor pembatas lingkungan dalam kontrol penyebaran dan pemencaran bijinya. *D. imbricatus* sebagai salah satu tumbuhan dataran tinggi yang khas di Bukit Tapak dan memiliki nilai ekologi maupun ekonomi dipandang sangat perlu dalam menjaga kelestarian dan usaha konservasinya. Informasi mengenai distribusi spasial tutupan *D. imbricatus* dapat digunakan sebagai referensi dalam usaha konservasi tumbuhan dataran tinggi.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada BKSDA Bali yang telah menerbitkan SIMAKSI, BMKG kelas II Negara untuk data iklim dan cuaca, kepada Pemda Kabupaten Tabanan beserta BPN Tabanan untuk informasi peraturan daerah rencana tata ruang wilayah, kepada Ahmad Fauzi, Gusti Made Sudirga, Haruly Meriansyah, I Ketut Sandi, dan Siti Fatimah Hanum atas bantuannya sehingga penelitian ini berjalan dengan lancar.

Daftar Pustaka

- Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) kelas II Negara. 2016. Data suhu dan curah hujan tahun 2011 – 2016 Pos Candikuning (Tidak dipublikasikan).
- Bin Y, Lin G, Li B, Wu L, Shen Y, Ye W. 2012. Seedling recruitment patterns in a 20 ha subtropical forest plot: Hints for niche-based processes and negative density dependence. *European Journal of Forest Research* **131**: 453–461.
- Bramasto RGA. 2008. Penyebaran, regenerasi dan karakteristik habitat jamuju (*Dacrycarpus imbricatus* Blume) di Taman Nasional Gede Pangarango. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Cohen J. 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* **20**(1):37–46.
- Comita LS, Queenborough SA, Murphy SJ, Eck JL, Xu K, Krishnadas M, Beckman N, Zhu Y. 2014. Testing predictions of the Janzen–Connell hypothesis: a meta-analysis of experimental evidence for distance- and density-dependent seed and seedling survival. *Journal of Ecology* **102**:845–856.
- Danoedoro P. 2012. Pengantar penginderaan jauh digital. Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- de Laubenfels DJ. 1988. Coniferales. *Flora Malesiana. Series 1. Spermatophyta* **10**:337–453.
- Elzen CLVD, LaRue EA, Emery NC. 2016. Oh, the places you'll go! Understanding the evolutionary interplay between dispersal and habitat adaptation as a driver of plant distributions. *American Journal of Botany* **103**:2015–2018.
- Enright NJ, Jaffré T. 2011. Ecology and distribution of the Malesian podocarps. *dalam Ecology of the Podocarpaceae in Tropical Forests. Smithsonian Contributions to Botany* **95**:57–78.
- Foody GM. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment* **80**(1): 185–201.
- Hidayah N. 2011. Daya sintas dan laju pertumbuhan rasamala (*Altingia excelsa* Noronha), puspa (*Schima wallichii* (DC.) Korth.), dan jamuju (*Dacrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub.) pada lahan terdegradasi di hulu DAS Cisadane. Tesis (Tidak dipublikasikan). Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Iryadi R, Sadewo MN. 2015. Influence the existence of the Bali Botanical Garden for land cover change in Bedugul Basin using Landsat Time Series. *Procedia Environmental Sciences* **24**:158–164.
- Jaya INS. 2002. Separabilitas spektral beberapa jenis pohon menggunakan Citra Compact Airborne Spectrograph Imager (CASI): Studi kasus di Kebun Raya Bogor (Spectral Separability of several tree species using Compact Airborne Spectrograph Imager (CASI): A case study in Bogo. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* **8**(2).
- Jensen J. 1995. Introductory to digital image processing: A remote sensing perspective. Prentice Hall, New Jersey.
- Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). 2015. Spesifikasi Citra Satelit Pleiades. <http://pusfatekgan.lapan.go.id/wp-content/uploads/2015/02/Informasi-Satelit-Pleiades.pdf>. Diakses Februari 2016.
- Lemmens RHMJ, Soerianegara I, Wong WC(Eds). 1995. *Prosea* **5**(2). Timber trees: Minor commercial timbers. Prosea Foundation. Bogor.
- Li X, Yasuda Y, Fujiki T, Okamura M, Matsuoka H, Yamada K, Flenley J. 2013. Reconstruction of an 8,000-year environmental history on pollen records from Lake Buyan, Central Bali. *Hlm.* 407–426. *Dalam* Yasuda Y, editor. *Water civilization, advances Asian human-environmental research*. Springer, Japan
- Maryudi A. 2016. Arahana tata hubungan kelembagaan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) di Indonesia. *Jurnal Ilmu Kehutanan* **10** (1): 57–64.

- Mather PM, Koch M. 2011. Computer processing of remotely-sensed images: an introduction. John Wiley & Sons.
- Morley RJ. 2011. Dispersal and paleoecology of tropical podocarps. Dalam L Turner L, Cernusak LA, editor. Ecology of the Podocarpaceae in tropical forests 21-41. Washington DC.
- Pemerintah Daerah Kabupaten Tabanan. 2012. Peraturan Daerah Nomor 11 tahun 2012: Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Tabanan tahun 2012 - 2032 (Tidak dipublikasikan). Tabanan.
- Rahadianoro A, Arumingtyas EL, Hakim L. 2013. Genetic variation of *Dacrycarpus imbricatus* in Bromo Tengger Semeru National Park (BTS-NP), East Java based on trnL (UAA) Intron Region. Journal of Tropical Life Science 3(2):127-131.
- Rozak AH, Astutik S, Mustaqien Z, Widyatmoko D, Sulistyawati E. 2017. Hiperdominansi jenis dan biomassa pohon di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Indonesia. Jurnal Ilmu Kehutanan 11(1):85-96.
- Sauer JD. 1988. Plant migration: The Dynamic of geographic patterning in seed plant species. University of California Press. Berkeley and Los Angeles.
- Sawada Y, Aiba S, Seino T, Kitayama K. 2016. Size structure, growth and regeneration of tropical conifers along a soil gradient related to altitude and geological substrates on Mount Kinabalu, Borneo. Plant and Soil 403:103-114.
- Setiawan I, Muzakir A, Saputro PB. 2014. Laporan kajian flora dan fauna Taman Nasional Gunung Gede Pangrango Kabupaten Cianjur Provinsi Jawa Barat. CWMBC-ICWRMIP.
- Short NM. 1982. The landsat tutorial workbook: Basics of Satellite Remote Sensing. Hlm. 553. NASA Reference Publication 1078. NASA Scientific and Technical Information Branch, Washington DC.
- Su Y, Wang T, Deng F. 2010. Contrasting genetic variation and differentiation on Hainan Island and the Chinese mainland populations of *Dacrycarpus imbricatus* (Podocarpaceae). Biochemical Systematics and Ecology 38:576-584.
- Sujarwo W. 2014. Klasifikasi kelimpahan tumbuhan di Kecamatan Kintamani Bali: Studi kasus usaha konservasi. Jurnal Manusia dan Lingkungan 20:276-283.
- Sumantera IW. 2004. Potensi hutan Bukit Tapak sebagai sarana upacara adat, pendidikan, dan konservasi lingkungan. Biodiversitas 5(2): 81-84.
- Sunarno B, Rugayah. 1992. Flora Taman Nasional Gede Pangrango. Puslitbang Biologi, LIPI. Bogor.
- Steenis CGJV. 2006. The mountain flora of Java. Brill, Leiden.
- Tantra IGM. 1981. Flora pohon Indonesia. Balai Penelitian Hutan, Bogor.
- Thomas P. 2013. *Dacrycarpus imbricatus*. The IUCN red list of threatened species 2013: e.T42445A2980614.
- Wilf P. 2012. Rainforest conifers of Eocene Patagonia: Attached cones and foliage of the extant Southeast Asian and Australasian genus *Dacrycarpus* (Podocarpaceae). American Journal of Botany 99:562-584.
- Zhou J, Proisy C, Descombes X, Le Maire G, Nouvellon Y, Stape JL, Viennois G, Zerubia J, Coutron P. 2013. Mapping local density of young Eucalyptus plantations by individual tree detection in high spatial resolution satellite images. Forest Ecology and Management 301:129-141.