

Jurnal Ilmu Kehutanan

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



Variasi Cendana (*Santalum album* Linn.) Berdasarkan Morfologi Daun dan Bunga di Desa Petir, Rongkop, Gunungkidul

Variation of Sandalwood (Santalum album Linn.) Based on Morphology of Leaves and Flowers at Petir Village, Rongkop, Gunungkidul

Ridla Arifriana*, Sapto Indrioko, & Atus Syahbudin

Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Agro No.1, Bulaksumur, Sleman 55281

*E-mail : ridha.arifriana@gmail.com

HASIL PENELITIAN

Riwayat naskah:

Naskah masuk (received): 1 Agustus 2016

Diterima (accepted): 30 Januari 2017

KEYWORDS

Santalum album
morphological variation
phylogeny
Petir Village
Gunungkidul

ABSTRACT

Santalum album (Linn.) is one of the flora that are commonly used as rehabilitation species, known as a plant that can grow in a lack of nutrient soil, and has a high economic value of santalol oil. This plant is indigenous in East Nusa Tenggara but it has a natural regeneration in some areas of Gunungkidul Yogyakarta, including in Petir Village, Rongkop, Gunungkidul. Morphological variation of Sandalwood in this area was relatively high. This research aimed to describe and classify sandalwood variations that exist in the research site based on the morphological characters. The materials used in this study were (1) sandalwood as the target species (including generative and vegetative organs) with purposive sampling and (2) *Ximenia americana* as the outgroup species. Data were analyzed using description and phylogeny analysis using maximum parsimony method with morphological markers. Morphological characters of Sandalwoods were varied in size and leaf shapes, flowers perigonium, lobes shapes, appendices shapes, stem color, shapes and fruit size. There were two characters that have not been described in the previous sources in Indonesia, form of leaves (oblong and oval) and orange color of perigonium. Phylogeny results showed that a small leaf sandalwood character was closer to the outgroup character. Diagnostic characters explicitly classified small leaf size and leaf size large. Size of small leaf was from 2.8 -7.7 cm to 1.1-2.2 cm and from 7.9-10 cm to 3.1-4 cm for large leaf. Leaf form and colour of flower variation was found in each group of leaf size.

INTISARI

Cendana (*Santalum album* Linn.) merupakan salah satu spesies yang digunakan sebagai tanaman rehabilitasi, dikenal mampu tumbuh di lahan dengan keterbatasan hara, dan memiliki nilai ekonomi tinggi dari kandungan minyak santalol yang wangi. Cendana merupakan spesies asli di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) namun dijumpai permudaan

KATA KUNCI

Santalum album
variasi morfologi
filogeni
Desa Petir
Gunungkidul

alami di beberapa kawasan Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), salah satunya di Desa Petir, Kecamatan Rongkop, Kabupaten Gunungkidul. Permudaan alami tersebut memiliki variasi morfologi yang relatif besar pada populasinya. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan variasi cendana dan mengklasifikasikan cendana yang ditemui di lokasi penelitian berdasarkan karakter morfologi. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa (1) cendana (meliputi organ generatif dan vegetatif) yang diambil secara sengaja (*purposive*) dan (2) *Ximenia americana* sebagai spesies pembanding. Data dideskripsi secara morfologi dan dilakukan analisis filogeni menggunakan metode maksimum parsimoni dengan penanda morfologi. Karakter morfologi cendana bervariasi pada ukuran dan bentuk daun, warna tenda bunga (*perigonium*), bunga, bentuk cuping, bentuk *appendiks*, warna batang, bentuk dan ukuran buah. Ditemui dua karakter cendana yang belum dijelaskan pada sumber sebelumnya di Indonesia yaitu bentuk daun lanset dan bulat telur serta karakter warna tenda bunga (*perigonium*), bunga oranye. Hasil analisis filogeni menunjukkan karakter daun kecil cendana lebih dekat dengan yang dimiliki oleh spesies pembanding. Karakter diagnostik secara tegas mengelompokkan ukuran daun kecil dan ukuran daun besar. Ukuran daun kecil pada kisaran 2,8-7,7 cm sampai dengan 1,1-2,2 cm dan 7,9-10 cm sampai dengan 3,1-4 cm untuk cendana berdaun besar. Variasi bentuk daun serta warna bunga ditemukan pada masing-masing kelompok ukuran daun.

© Jurnal Ilmu Kehutanan Allright reserved

Pendahuluan

Cendana (*Santalum album* Linn.) merupakan spesies asli di wilayah Nusa Tenggara Timur. Cendana biasanya digunakan sebagai materi untuk rehabilitasi dan dikenal sebagai tanaman yang mampu tumbuh di lahan dengan keterbatasan hara (Faridah 2012). Bagian tanaman yang dimanfaatkan adalah kayu dan akarnya untuk diambil kandungan santalolnya sehingga teknik yang digunakan untuk mendapatkan hasil hutan non kayu tersebut bersifat destruktif. Cara tersebut dapat mengancam kelestarian spesies cendana apabila pemanfaatannya tidak diikuti dengan penanaman. Saat ini cendana telah menjadi tumbuhan langka yang perlu dilindungi dalam kategori rentan (*vulnerable*) sesuai dengan status cendana yang dikeluarkan oleh International Union for Conservation of Nature (IUCN) pada tahun 1998. Oleh karena itu, spesies cendana tidak dapat dibiarkan secara alami dalam waktu yang lama karena beresiko punah di masa datang. Berdasarkan status tersebut,

penelitian mengenai keragaman morfologi cendana perlu dilakukan untuk kegiatan konservasi genetika dan pemuliaan pohon.

Kegiatan konservasi cendana telah dilakukan sejak tahun 1968 dengan mengintroduksi cendana ke Pulau Jawa menggunakan materi yang berasal dari permudaan alam di Pulau Timor. Pada akhir tahun 1993 dibangun pertanaman uji genetik berupa kombinasi uji keturunan dan provenan di Petak 17 Hutan Pendidikan Wanagama I (Kharisma 1994). Berdasarkan kajian spesimen di Herbarium Bogoriense diketahui bahwa cendana sudah terdapat di Pulau Jawa sekitar tahun 1800 (Herbarium Bogoriense 2015).

Saat ini selain di Hutan Pendidikan Wanagama I Gunungkidul, dijumpai permudaan alam cendana dengan berbagai tingkatan umur di beberapa lokasi yang tersebar di Gunungkidul, salah satunya di Desa Petir, Kecamatan Rongkop, Kabupaten Gunungkidul. Informasi dari tokoh masyarakat, Suparsono, cendana yang ditemui di Desa Petir merupakan permudaan alami sejak puluhan tahun yang lalu dan memiliki

variasi morfologi yang tinggi (komunikasi pribadi 2015). Informasi mengenai variasi morfologi cendana dapat digunakan sebagai cara untuk mempermudah melakukan sidik cepat terhadap karakter cendana sesuai dengan tujuan seleksi. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian tentang klasifikasi cendana berdasarkan perbedaan morfologi dan hubungan filogenetik atau kekerabatan di dalam jenis tanaman (*intraspecies*). Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan dan mengklasifikasikan variasi cendana yang ditemui di lokasi penelitian berdasarkan aspek morfologi.

Bahan dan Metode

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di hutan rakyat Desa Petir, Rongkop, Gunungkidul pada ketinggian tempat 340-395 m dpl (Gambar 1). dengan topografi perbukitan; dan di Laboratorium Pemuliaan Pohon, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta untuk pengamatan objek secara mikro dan pembuatan koleksi herbarium. Penelitian dilakukan selama 6 bulan di lapangan, yaitu pada bulan Mei–Desember 2015 dan 1 bulan di laboratorium.

Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain gunting tanaman, kertas koran, etiket/label gantung, sasak/papan dari kayu (100 cm x 50

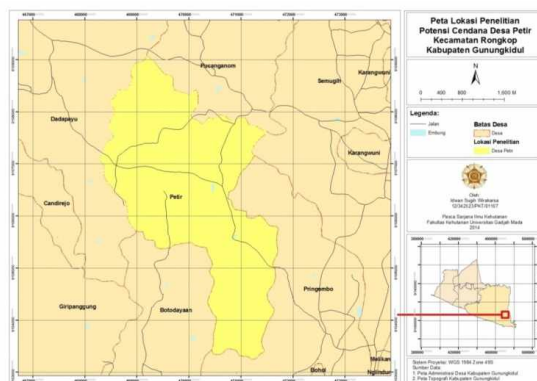
cm), oven, seng gelombang, kertas ivori, etiket, isolasi, dan gunting kertas, botol kecil berisi alkohol 96% sebagai tempat sampel bunga dan buah, lup dan mikroskop, penggaris, kaliper digital dan pita meter, kamera dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa tegakan cendana yang tumbuh di lokasi penelitian, alkohol 70% untuk herbarium kering dan 96% untuk herbarium basah, alkohol untuk mensterilkan spesimen.

Teknik sampling dan pengumpulan data

Penelitian ini menggunakan teknik pengambilan sampel secara sengaja (*purposive sampling*) sesuai dengan persyaratan sampel yang diperlukan (Silaen et al. 2013). Bagian sampel yang diambil adalah yang mewakili karakter pada individu tersebut. Bentuk, ukuran dan warna daun yang diambil sebagai sampel mewakili bentuk, ukuran dan warna daun dalam 1 individu pohon. Sampel yang diambil berjumlah 20 spesimen. Masing-masing diambil 3 ulangan (individu) pada bukit yang berbeda namun dipastikan memiliki karakter yang sama dengan individu sampel yang pertama diambil. Karakter morfologi dicatat meliputi perawakan tanaman, organ vegetatif, dan organ generatif.

Analisis data

Data hasil pengukuran di lapangan dilakukan analisis deskriptif dan filogenetik dengan menggunakan penanda morfologi (Malecot 2004), meliputi: tipe



Gambar 1. Lokasi penelitian di Desa Petir, Kecamatan Rongkop, Kabupaten Gunungkidul (ditunjukkan oleh warna kuning pada peta). (Sumber peta: Wirakarsa 2015)
Figure 1. Research location in Petir Village, District of Rongkop, Gunungkidul (indicated by the yellow color). (Map source : Wirakarsa 2015)

tanaman, habitus, percabangan, bentuk tajuk, tipe menggugurkan daun, kulit batang, struktur cabang, bentuk daun, kategori ukuran daun, duduk daun, kelemasan daun, warna daun, kenampakan urat daun, tepi daun, pangkal daun, percabangan, simetrisitas daun, tingkatan urat daun, tepi daun, ujung daun, pangkal daun, daun penumpu, rambut pada bunga, lapisan lilin pada permukaan atas daun, perbungaan, ukuran bunga, karangan bunga, warna tenda bunga (*perigonium*) bunga, bentuk kuncup bunga, jumlah kelopak, simetri bunga, posisi benangsari, bulu pada bunga, seksual bunga, *staminodia*, *sepal*, jumlah benangsari, kelopak bunga, perkembangan struktur kelopak bunga, arah kepala sari, benangsari, ikatan anthera, uliran benangsari, *petal pubescens*, posisi stamen terhadap corolla, cuping tenda bunga (*perigonium*), tipe buah, ukuran buah.

Dalam penelitian ini digunakan metode dengan menggunakan spesies pembanding (*outgroup*), yang merupakan suatu spesies atau takson di atasnya yang digunakan pada analisis filogenetik untuk mengevaluasi dugaan indikasi homologi dalam silsilah kekerabatan dalam grup yang dikaji dengan karakter primitif yang sederhana (Lipscomb 1998). Penggunaan spesies pembanding adalah sebagai kunci dalam memulai langkah evolusi perkembangan karakter morfologi. Pemilihan spesies pembanding melalui perbandingan karakter primitif (*plesiomorf*)

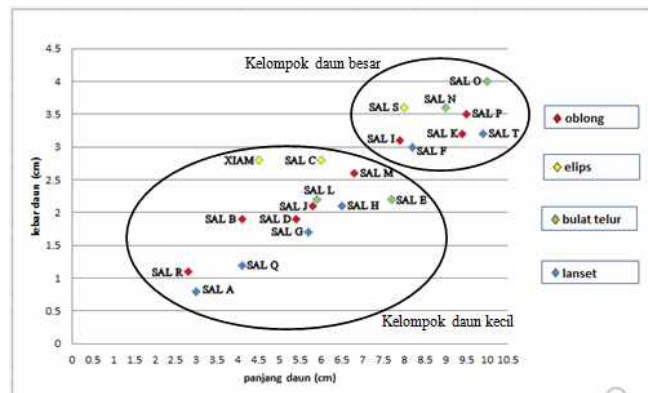
yang dimiliki, terutama pada kriteria yang sama dengan yang dibandingkan. Penelitian ini menggunakan spesies pembanding *Ximenia americana* (Fam. Olacaceae, Ordo Santalales) yang mengacu dari hasil penelitian Malecot (2004).

Hasil dan Pembahasan

Variasi morfologi

Variasi morfologi cendana di lokasi penelitian memiliki keragaman yang tinggi. Hasil tersebut ditunjukkan pada organ vegetatif dan organ generatif cendana dengan meminimalisir faktor lingkungan yang mempengaruhi. Daun cendana dijumpai dalam berbagai ukuran, bentuk dan warna. Daun berukuran terkecil adalah 2,8 cm x 1,1 cm dan yang terbesar berukuran 10 cm x 4 cm. Sebaran variasi ukuran sampel daun cendana di Desa Petir beserta spesies pembanding disajikan pada Gambar 2.

Penelitian ini mengklasifikasikan ukuran daun cendana berdaun kecil dan berdaun besar dengan batasan ukuran secara berurutan 2,8-7,7 cm sampai dengan 1,1-2,2 cm dan 7,9-10 cm sampai dengan 3,1-4 cm (Gambar 3). Masing-masing kelompok ukuran daun tersebut memiliki bentuk daun bervariasi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bentuk daun cendana adalah oblong, bulat telur, *ellips*, dan lanset (Gambar 4). Hal tersebut menarik karena dari



Gambar 2. Sebaran variasi ukuran daun cendana di Desa Petir, Rongkop, Gunungkidul. SAL: Spesies cendana; A-T: Kode sampel/specimen; XIAM: Spesies pembanding (*outgroup*) yaitu *X. americana*.

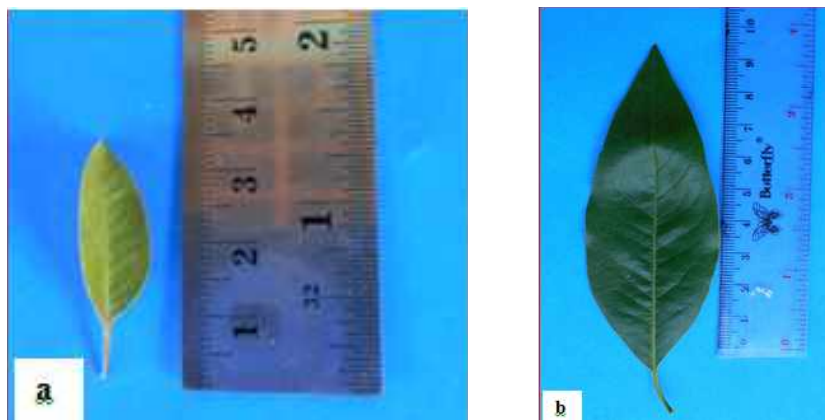
Figure 2. Distribution of leaf size variation of sandalwood in Petir Village, Rongkop, Gunungkidul. SAL: sandalwood species; A-T: sample's code/specimen; XIAM: *outgroup* (*X. americana*).

keempat bentuk ini memiliki ukuran yang bervariasi dan akan menambah deskripsi cendana secara umum mengenai bentuk daun yang selama ini disebutkan yaitu bentuk daun cendana adalah *ellips* (Rudjiman 1987) dan *ellips* hingga *oblong* (Adriyanti 1989). Masing-masing kelompok ukuran daun memiliki variasi bentuk daun yang lengkap atau dengan kata lain bahwa variasi bentuk daun cendana tersebut ditemukan baik pada ukuran daun besar maupun kecil.

Selain ukuran dan bentuk, warna daun menjadi karakter yang menarik untuk diamati. Daun cendana di lokasi penelitian memiliki karakter warna yang bervariasi mulai dari kekuningan hingga hijau tua. Pembagian warna ini didasarkan pada notasi tingkat kecerahan suatu warna (*value*) pada buku pedoman warna jaringan tanaman *Munsell*. Daun dengan tingkat kecerahan warna 7 memiliki warna kekuningan, tingkat kecerahan warna 6 berwarna hijau muda, dan tingkat kecerahan warna 5 berwarna hijau tua. Sebagai contoh daun yang memiliki warna berdasar buku pedoman warna jaringan tanaman *Munsell* 7,5GY 5/4 berwarna hijau tua (Gambar 5a), daun dengan notasi pedoman warna jaringan tanaman *Munsell* 5 GY 6/6 berwarna hijau muda (Gambar 5b), dan daun dengan notasi pedoman warna jaringan tanaman *Munsell* 2,5GY 7/10 berwarna kekuningan (Gambar 5c).

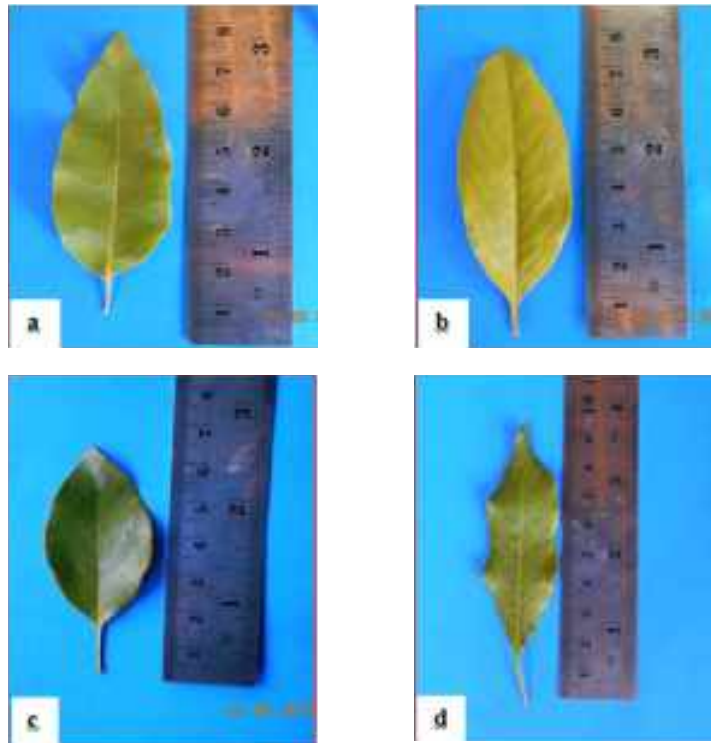
Bunga dan buah merupakan organ generatif yang memiliki karakter fenotipik dengan pengaruh dominan diturunkan lebih kuat oleh faktor genetik (Singh 2004). Pada umumnya bunga cendana memiliki warna tenda bunga (*perigonium*) merah tua (Backer dan Brink 1963), namun di lapangan ditemukan dua warna yang berbeda, yakni merah maron dan oranye seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Pengelompokan warna tenda bunga (*perigonium*) bunga menjadi 2 kelompok, dapat dilihat secara kenampakan morfologi yang kemudian dilihat notasi pada buku pedoman warna jaringan tumbuhan. Perbedaan dari kedua kelompok tersebut ditunjukkan oleh kode *hue* yang menunjukkan identitas jelas atau kandungan pigmen suatu warna untuk membedakan dengan warna lain pada notasi *munsell*. Variasi karakteristik terlihat pada organ bunga ditunjukkan oleh warna tenda bunga (*perigonium*) luarnya yaitu kelompok pertama oranye dan kelompok kedua merah *maroon*. Kelompok pertama adalah tenda bunga merah oranye dengan kode huruf Y (*Yellow*) dan YR (*Yellow Red*), sedangkan kelompok kedua adalah warna tenda bunga oranye dengan dua kode huruf, yakni R (*Red*). Pengamatan warna bunga ini dilakukan terhadap serangkaian fase bunga yang lengkap dalam satu pohon sehingga warna-warna tersebut dapat mewakili dalam 1 pohon.

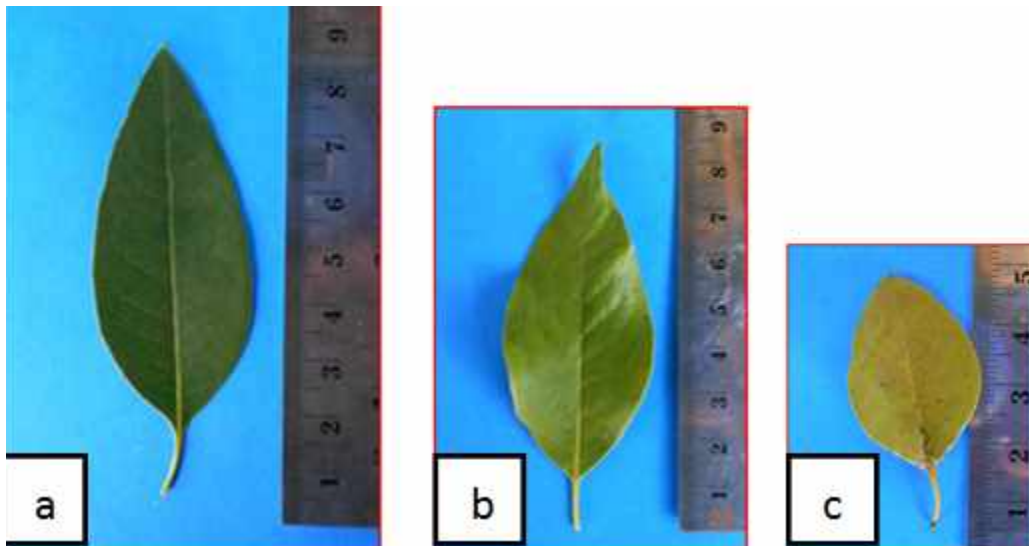


Gambar 3. Ukuran daun cendana di Desa Petir, Rongkop, Gunungkidul: (a) terkecil dengan panjang 2,8 cm dan lebar 1,1 cm; b) terbesar dengan panjang 10 cm dan lebar 4 cm.

Figure 3. Size of sandalwood leaf in Petir Village, Rongkop, Gunungkidul: (a) the smallest leaf : 2.8 cm x 1.1 cm; b) the largest leaf : 10 cm x 4 cm.



Gambar 4. Variasi bentuk daun cendana di Desa Petir, Rongkop, Gunungkidul (a) bulat telur, (b) oblong, (c) *ellips* dan (d) lanset.
Figure 4. The form variations of sandalwood leaf in Petir Village, Rongkop, Gunungkidul (a) ovatus, (b) oblongus, (c) ellipticus and (d) the lanceolatus.



Gambar 5. Variasi warna daun di Desa Petir, Rongkop, Gunungkidul hijau tua, (b) hijau muda, (c) kekuningan.
Figure 5. The color variation of sandalwood leaf in Petir Village, Rongkop, Gunungkidul (A) dark green, (b) light green, (c) yellowish.

Konsistensi warna terlihat pada fase mekar sempurna dan siap secara fungsional (anthesis) hingga fase pasca anthesis.

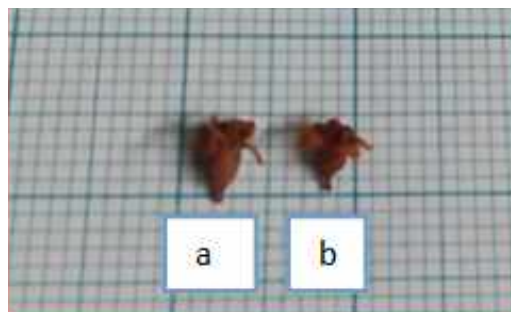
Variasi yang muncul pada bunga ditunjukkan pula pada ukuran bunga yang berbanding lurus

dengan ukuran daun. Cendana berdaun kecil akan memiliki bunga yang berukuran kecil (Gambar 7a), begitu pula sebaliknya (Gambar 7b). Besar kecilnya bunga ditentukan oleh diameter tabung tenda bunga (*perigonium*).



Gambar 6. Variasi warna tenda bunga luar (*perigonium*) bunga cendana: (a) oranye (5 YR 8/6); (b) oranye (2,5 Y 8/4); (c) oranye (2,5 Y 7/8); (d) merah maroon (5R 3/6); (e) merah maroon (2,5R 5/6; (f) merah maroon (10R 3/4)

Figure 6. Variations in the color of sandalwood perigonium : (a) orange (5 YR 8/6); (b) orange (2.5 Y 8/4); (c) orange (2.5 Y 7/8); (d) maroon (5R 3/6); (e) maroon (2.5R 5/6; (f) maroon (10R 3/4)



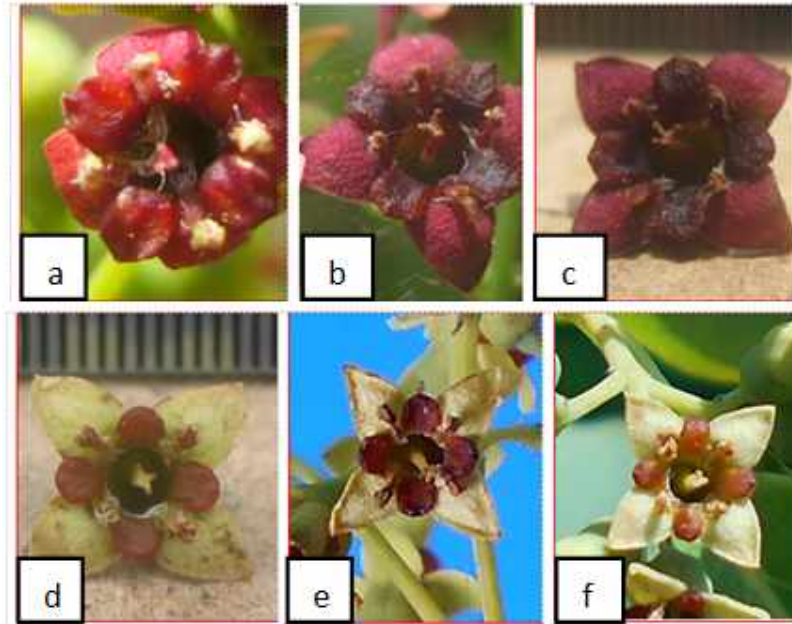
Gambar 7. Perbandingan ukuran bunga cendana: (a) besar dan (b) kecil.

Figure 7. Comparison of sandalwood flowers: (a) large and (b) small.

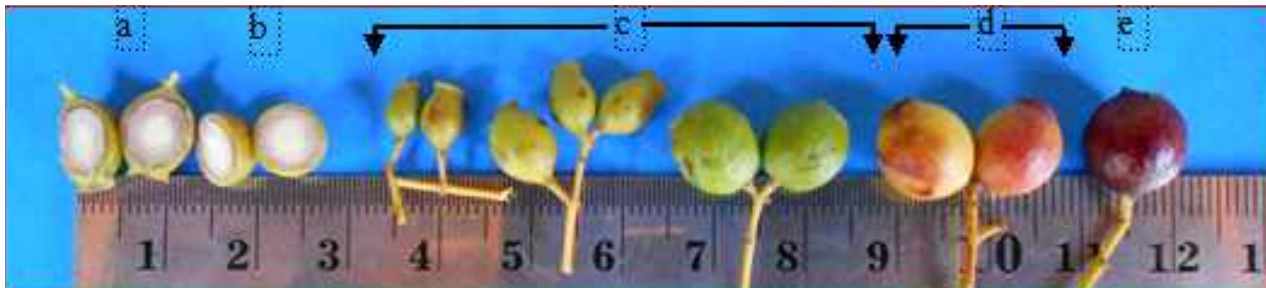
Variasi morfologi bunga selanjutnya ditunjukkan pada bentuk *appendiks* bunga. Bunga dengan tenda bunga (*perigonium*) merah maroon (Gambar 8a, 8b, 8c.) memiliki bentuk *appendiks* seperti menyerupai gerigi 3 (*tridentatus*), sedangkan pada bunga dengan tenda bunga (*perigonium*) warna orange (Gambar 8d, 8e, dan 8f) memiliki bentuk *appendiks* yang cenderung membulat. Kemudian karakter cuping tenda bunga (*perigonium*) bunga cendana juga memiliki 2 variasi, yakni membalik (*recurve*) dan tegak (*spread*). Pada bunga dengan tenda bunga (*perigonium*) warna merah maroon arah cuping

membalik (Gambar 8a, 8b, 8c), sedangkan bunga dengan tenda bunga (*perigonium*) warna oranye arah cuping mekar tegak (Gambar 8d, 8e, dan 8f).

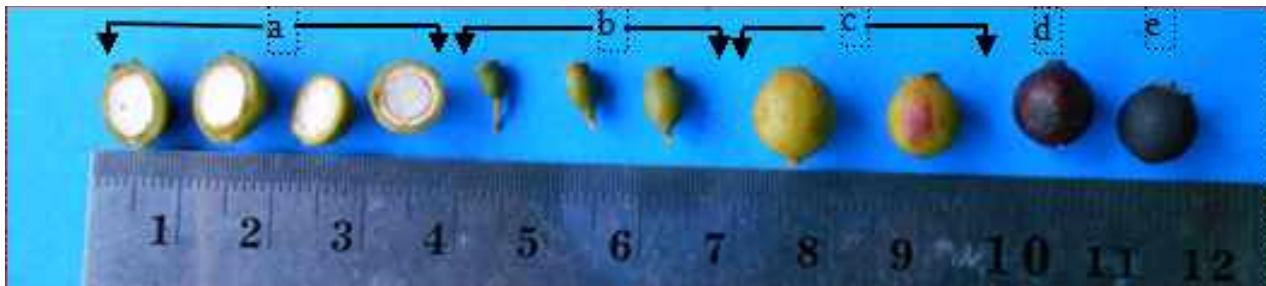
Buah cendana memiliki variasi dari segi ukuran dan bentuk. Menurut Rudjiman (1987) bentuk buah cendana adalah bulat, namun pada penelitian ini bentuk bulat terbagi menjadi 2 macam, yaitu bulat dan *ovate* seperti tampak pada Gambar 9 dan Gambar 10. Ketika masih menjadi buah muda rata-rata bentuk buah adalah *ovate*, tetapi ketika memasuki fase buah dewasa atau matang bentuk spesifik mulai terlihat. Karakter lain pada buah adalah dari ukuran buahnya.



Gambar 8. Perbandingan bentuk *appendiks* pada bunga cendana di Desa Petir, Rongkop, Gunungkidul: (a-c) *bergerigi 3* dengan tenda bunga membalik dan (d-f) membulat dengan tenda bunga tegak
Figure 8. Comparison of appendices on sandalwood flowers in the Petir, Rongkop, Gunungkidul: (a-c) *tridentatus* with recurve perigonium and (d-f) orbicular with spread perigonium



Gambar 9. Fase buah cendana lengkap dalam satu malai: a) Penampang membujur buah cendana; b) Penampang melintang buah cendana; c) Buah muda cendana; d) Buah cendana matang berwarna cerah; e) Buah cendana matang berwarna gelap
Figure 9. Complete phase of sandalwood fruit in one panicle: a) longitudinal cross-section of sandalwood fruit ; b) a cross section of sandalwood fruit; c) sandalwood young fruit of; d) ripe fruit with brightly colored; e) ripe fruit with dark colored



Gambar 10. Buah cendana berbentuk bulat: a) Penampang membujur dan melintang buah cendana; b dan c) buah muda cendana; d) buah masak cendana; e) biji cendana
Figure 10. Globular sandalwood fruit: a) longitudinal and transversal cross-section of sandalwood; b and c) sandalwood young fruits; d) sandalwood ripe fruits; e) sandalwood seeds



Gambar 11. Perbedaan buah cendana berbentuk ovate: a) penampang membujur dan melintang buah cendana; b dan c) buah muda cendana; d) buah masak cendana; e) biji cendana
Figure 11. Differences on ovatus sandalwood fruit: a) longitudinal and transversal cross-section of sandalwood; b and c) sandalwood young fruits; d) sandalwood ripe fruits ; e) sandalwood seeds



Gambar 12. Buah cendana (a) berukuran besar dan (b) berukuran kecil.
Figure 12. Fruit of sandalwood (a) large and (b) small size.

Diameter buah pada Gambar 11a adalah 10,84 mm dan 11,13 mm, sedangkan diameter buah pada Gambar 11b adalah 8,57 mm dan 8,75 mm. Kedua ukuran yang berbeda tersebut mewakili beberapa sampel buah keseluruhan dari individu yang berbeda.

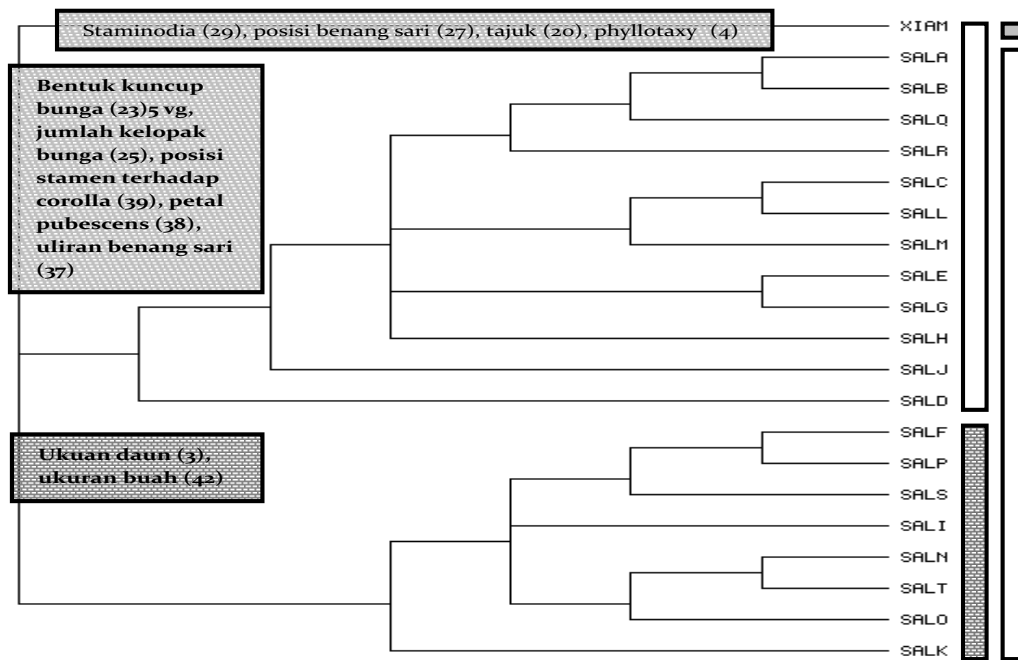
Perbandingan filogenetik

Pemilihan *X. americana* sebagai spesies pembanding didasarkan pada sifat atau karakter yang dimiliki bersifat primitif (*plesiomorf*) dibandingkan kandidat spesies pembanding yang lain. Selain itu, pemilihan spesies ini didasarkan pada klasifikasi tradisional, yakni Ordo Santalales meliputi enam famili, yakni Loranthaceae, Misodendraceae, Olacaceae, Opiliaceae, Santalaceae, dan Viscaceae. Olacaceae merupakan saudara tua dari seluruh famili dalam Ordo Santalales (Nickrent & Duff 1996; Nickrent et al. 1998 dalam Malecot et al. 2004), di samping itu Olacaceae terdiri dari genus yang memiliki sifat *hemiparasitic* dan *autotrophic*. Sifat tersebut merupakan sifat yang dimiliki oleh cendana. Nickrent dan Malécot (2001) menyebutkan bahwa asal

dari tumbuhan parasit berasal dari anggota Olacaceae, namun famili secara keseluruhan berasal dari moyang yang berbeda. Hal ini dibuktikan berdasarkan analisis molekuler filogenetik. Alasan lain penggunaan *X. americana* sebagai pembanding spesies ini dapat ditemui di Kebun Raya Bogor sehingga dalam pengamatannya dapat dilakukan secara langsung.

Karakter-karakter morfologi yang telah dirangkum dan diolah dalam program PAUP 4.0 dan menghasilkan kladogram, dapat menggambarkan hubungan variasi spesies cendana yang membentuk kelompok (*cluster*) berdasarkan persamaan sifat dan ciri yang dimiliki.

Kladogram dijadikan dasar untuk menentukan kedudukan sampel terhadap *X. americana* sebagai spesies pembanding. Pada Gambar 13, kladogram menggambarkan hubungan kekerabatan cendana di Desa Petir berdasarkan kajian morfologi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa individu yang memiliki hubungan kekerabatan dekat diilustrasikan dengan



Gambar 13. Kladogram hubungan kekerabatan cendana di Desa Petir, Kec.Rongkop, Gunungkidul. XIAM = *outgroup* (*X. americana*), SAL A, SAL B, dst. = *In-group*/spesies target (SAL A, SAL B, dst.)

Figure 13. Cladogram of phylogenetic sandalwood in Petir Village, Rongkop, Gunung Kidul. XIAM = *outgroup* (*X. americana*), SAL A, SAL B, etc. = *In-group* / target species (SAL A, SAL B, etc.)

cabang terpendek dalam gambar. Kedekatan tersebut didasarkan pada bentuk fisik morfologi yang dapat dilihat secara kasat mata. Hal tersebut diperkuat oleh hasil analisis PAUP berupa tabel nilai indeks konsisten (CI) yang menunjukkan pengaruh suatu karakter sebagai pembeda (pemisah kelompok) yang disebut *diagnostic character*. Dalam hal ini nilai CI 100% ditunjukkan pada karakter ukuran daun.

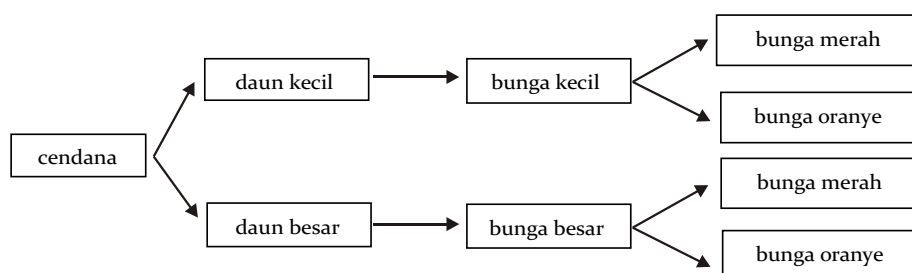
Garis warna biru pada kladogram membagi keseluruhan sampel menjadi dua kelompok dengan karakter pembeda berdasarkan sifat atau karakter yang membedakan kelompok (karakter diagnostik) yaitu ukuran daun dan buah. Dua klaster tersebut memisahkan daun berukuran kecil (cendana A, B, Q, dan R) lebih dekat kekerabatannya dengan *X. americana*, sedangkan sisanya termasuk ke dalam kelompok daun ukuran besar yang lebih jauh kekerabatannya dengan *X. americana* dibandingkan dengan kelompok daun berukuran kecil.

Hubungan morfologi dengan filogenetik

Hasil penelitian pada aspek morfologi telah mengelompokkan daun cendana menjadi dua klaster

yaitu daun besar dan daun kecil. Hal ini ditentukan dari sebaran ukuran daun yang diambil di lapangan yang dikelompokkan sesuai klasifikasi yang dilakukan sebelumnya. Ukuran daun yang dijumpai di lokasi penelitian tidak berbeda dengan hasil penelitian Adriyanti (1989), bahwa pengelompokkan ukuran daun dibagi ke dalam dua klaster yakni ukuran kecil dengan panjang daun 2,8-4 cm dan ukuran besar dengan panjang daun 4,1-10 cm. Dikaitkan dengan filogenetik, kladogram hasil analisis filogenetik juga menunjukkan dua klaster dan *X. americana* berada pada posisi di dalam kelompok cendana berdaun kecil. Sifat homologi yang ditunjukkan adalah berdasarkan ukuran daun dan *X. americana* sama dengan cendana berdaun kecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa perkembangan evolusi cendana bermula dari daun ukuran kecil yang kemudian berkembang menuju ukuran besar.

Karakter morfologi warna bunga memiliki perbedaan yang tegas antara dua kelompok yakni warna oranye dan merah marron namun demikian hal tersebut tidak ditunjukkan oleh hasil analisis filogenetik. Nilai karakter diagnostik pada analisis



Gambar 14. Matriks pengelompokan cendana berdasarkan sifat morfologi dan filogenetik.
Figure 14. Matrices of sandalwood grouping based on morphology and phylogenetic properties.

tersebut menunjukkan bahwa untuk warna bunga adalah 66,7%, sehingga tidak dapat memunculkan perbedaan secara tegas dalam kladogram. Pengelompokan tegas secara filogenetik ditunjukkan oleh ukuran daun dengan nilai karakter yang diagnostik 100%. Apabila dihubungkan dengan hasil morfologi maka kluster pada pohon filogenetik yang terbentuk menjadi matriks seperti disajikan dalam Gambar 14.

Berdasarkan informasi dari petani cendana bahwa ukuran buah cendana tidak konsisten di setiap generasinya, buah yang keluar pada musim pertama akan berukuran besar dan untuk musim berikutnya berukuran lebih kecil (komunikasi pribadi 2015). Berkaitan dengan ini, perlu penelitian lebih lanjut terhadap karakter ukuran buah dari beberapa generasi. Hasil penelitian Wirakarsa (2015) terhadap cendana di lokasi penelitian yang sama, dengan menggunakan penanda biokimia menemukan alel langka pada salah satu titik pengamatan di lokasi penelitian, tetapi dalam kasus ini pendekatan metode biokimia dengan metode morfologi tidak menunjukkan hasil yang sama. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut dengan penanda molekuler perlu dilakukan agar diperoleh hasil yang lebih akurat terhadap variasi cendana di lokasi tersebut. Pada penelitian ini juga perlu dilakukan penelitian lanjut dengan pendekatan molekuler untuk dapat melihat secara tegas variasi genetik yang ada di dalam spesies cendana hingga perolehan hasil pada F-1 untuk mengetahui dengan jelas karakteristik yang diturunkan dengan persilangan terkendali pada tapak yang sama dan perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui tren karakter morfologi cendana pada musim yang berbeda.

Kesimpulan

Pada penelitian ini ditemukan 2 karakter morfologi cendana yang lebih detil dan belum dijelaskan pada pustaka sebelumnya di Indonesia yaitu bentuk daun lanset dan bulat telur, serta karakter tenda bunga (*perigonium*) bunga warna oranye. Hasil tersebut dapat digunakan sebagai penambahan deskripsi morfologi cendana yang ada di Indonesia. Klasifikasi cendana dapat dipisahkan berdasarkan perbedaan morfologi daun ke dalam kelompok ukuran daun kecil dan daun besar. Ukuran daun kecil dengan batasan ukuran 2,8-7,7 cm x 1,1-2,2 cm dan 7,9-10 cm x 3,1-4 cm untuk cendana berdaun besar.

Daftar Pustaka

- Adriyanti DT. 1989. Studi dendrologis cendana (*Santalum album* L.) di Pulau Timor, Nusa Tenggara Timur. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Backer CA, Backhuizen RC, van den Brink JR. 1963. Flora of Java. Volume II. Hlm. 179. Wolters-Noordhoff N.V. Groningen. Nedherland.
- Faridah E, Supriyo H, Wibisono MG, Afiani KD, Hartanti D. 2012. Akselerasi pertumbuhan cendana (*Santalum album*) dengan aplikasi unsur hara makro pada tiga jenis tanah. Jurnal Ilmu Kehutanan 6(1):1-17
- IUCN. 1998. IUCN red list categories and criteria: Version 2.3. IUCN species survival commision. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Glad, Switzerland, and Cambridge. UK.
- Kharisma. 1994. Kombinasi uji keturunan dan uji sumber benih cendana (*Santalum album* Linn.) tingkat semai. Tesis (Tidak dipublikasikan). Program Pascasarjana. Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada.
- Lipscomb D. 1998. Basic of cladistic analysis. George Washington University.
- Malecot V, Nickrent D, Baas P, Denoever LV, Lobreau-Callen D. 2004. A morphological cladistic analysis of Olacaceae. Systematic Botany 29(3): 569-586.

- Rudjiman. 1987. *Santalum album* Linn. Taksonomi dan model arsitekturnya. Prosiding Diskusi Nasional Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Silaen S, Widiyono. 2013. Metode penelitian sosial untuk penulisan skripsi dan tesis. In Media, Jakarta.
- Singh G. 2004. Plant systematics: An integrated approach. University of Delhi. Science Publisher, Inc.
- Surata IK, Sinaga M, Sutrisno E. 1994. Utilization and conservation of sandalwood in Nusa Tenggara Timur, Indonesia. Sandalwood Workshop. August 1-12, 1994. Noumea, New Caledonia.
- Wirakarsa IS. 2015. Potensi permudaan alam dan keanekaragaman genetik cendana (*Santalum album* Linn.) di Desa Petir Kecamatan Rongkop Kabupaten Gunungkidul. Tesis (Tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada.