

Otomatisasi Penyusunan Kunci Identifikasi dengan *Delta-System*: Suatu Contoh untuk Flora Pohon dari Hutan Montana Bedugul-Bali

ARIEF PRIYADI

Kebun Raya “Eka Karya” Bali, Pusat Penelitian Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya,
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Jl. Kebun Raya Candikuning Tabanan, Indonesia. 82191
Email: arief.priyadi@lipi.go.id

ABSTRACT

Inventory data is fundamental in the management of Indonesian floristic richness. Identification is a preliminary effort to acquire specimen's identity which related to many further botanical aspects. Identification keys as well as descriptions are usually included in documents of floristic inventory. To use these tools, plant identifiers are required to master plant identification terminologies. However, they are getting rare and younger botanists show lack of interest in this field. Computerized plant identification keys could be a solution to these problems. Here, author provide an example of automatized generation of identification keys and descriptions (genus level) using a computer software. The taxa were resulted from tree inventories of Begudul—Bali montane forests and the characters were extracted from a book of spot-characters. Author used Delta System which consists of Delta Editor for editing taxa and characters matrices, and Delta Intkey for displaying the interactive identification key. As many as 53 genera were successfully displayed as terminal taxa in the conventional key by using 17 characters. Best characters based on the value of separating coefficients were displayed in the interactive key. This work shows that computerized plant identification key and description makes it possible for users to focus on taxa and character matrices, then the computer will the layout of the outputs.

Keywords: characters; computerized; plant morphology; plant taxonomy

INTISARI

Data inventarisasi menjadi dasar dalam manajemen kekayaan flora Indonesia. Identifikasi merupakan hal mendasar untuk mendapatkan identitas suatu spesimen tumbuhan, terkait dengan banyak aspek botani selanjutnya. Dokumen inventarisasi flora pada umumnya dilengkapi dengan kunci identifikasi dan deskripsi. Identifikator dituntut untuk memiliki dasar pengetahuan yang kuat terkait istilah-istilah identifikasi tumbuhan untuk dapat menggunakannya. Sayangnya, dewasa ini identifikator tumbuhan semakin terbatas dan minat generasi muda dalam bidang ini semakin berkurang. Komputerisasi kunci identifikasi dan deskripsi dapat menjadi solusi untuk bermacam permasalahan tersebut. Dalam artikel ini, penulis memberikan contoh otomatisasi penyusunan kunci identifikasi (konvensional dan interaktif) sekaligus deskripsi tiap takson (level genus). Daftar takson yang digunakan ialah daftar jenis pohon dari hutan montana Bedugul—Bali, dan daftar karakter diekstrak dari sebuah buku tentang karakter morfologi tumbuhan. Komputerisasi kunci identifikasi tumbuhan dan deskripsi takson dilakukan dengan perangkat lunak Delta System, terdiri atas Delta Editor untuk editing matriks takson dan karakter serta Delta Intkey untuk menampilkan kunci identifikasi interaktif. Sebanyak 53 genus berhasil disajikan sebagai terminal takson pada kunci identifikasi bertakik (konvensional) dengan memanfaatkan 17 karakter morfologi. Pada tampilan kunci identifikasi interaktif, daftar karakter dapat diurutkan berdasarkan nilai koefisien separasi. Hasil studi ini mendemostrasikan bahwa komputerisasi penyusunan kunci identifikasi dan deskripsi memungkinkan pengguna untuk fokus pada daftar takson dan karakter, untuk selanjutnya komputer yang akan mengerjakan tampilan keluarannya.

Kata kunci: karakter; komputerisasi; morfologi tumbuhan; taksonomi tumbuhan

PENDAHULUAN

Indonesia dianugerahi dengan kekayaan ragam flora yang menjadikannya sebagai salah satu negara dengan julukan ‘megabiodiversitas’ (Kusmana & Hikmat, 2015). Sebagai suatu lembaga konservasi tumbuhan secara ex situ yang merupakan bagian dari Kebun Raya Indonesia, Kebun Raya Bali mengkoleksi lebih

dari 2.000 jenis tumbuhan dengan lebih dari 20.000 spesimen (Arinasa *et al.*, 2017). Kekayaan tersebut sewajarnya dibarengi dengan kemampuan sumber daya manusianya untuk pengenalan, pemanfaatan berkelanjutan, dan konservasi. Menurut (Jarvie & Stevens, 1998), manajemen sumber daya hayati mutlak berdasarkan data inventarisasi. Hal ini

contohnya dilakukan oleh Djarwaningsih (2016) dengan inventarisasi koleksi Euphorbiaceae di Kebun Raya Bali untuk penyusunan Flora of Bali, yang direncanakan memuat deskripsi takson dan kunci identifikasi.

Pada umumnya dokumen-dokumen inventarisasi flora dilengkapi dengan kunci identifikasi dan deskripsi. Jenis kunci identifikasi yang paling umum ialah kunci dikotomi, terdiri atas kuplet-kuplet (*couplets*) bernomor urut dan tiap-tiap kuplet terdiri atas 2 (dua) bagian *lead* (Tofilski, 2018). Jenis lain yang kurang umum ialah kunci bertakik (*bracketed keys*) di mana tiap kuplet dapat terdiri atas 2 *lead* atau disebut *multiple entry* (Brach & Song, 2005). Kunci identifikasi pada mulanya dibuat secara manual (konvensional), kemudian dengan perkembangan teknologi komputer dapat dibuat secara otomatis (Pankhurst, 1971; Pankhurst, 1970; Watson *et al.*, 1988). Dalam hal ini kunci identifikasi berbasis komputer (kunci identifikasi interaktif) merupakan solusi untuk 3 (tiga) permasalahan: kurangnya identifikator tumbuhan, tidak lengkapnya informasi botani, dan keterbatasan metode identifikasi konvensional (Jarvie & Stevens, 1998).

Identifikasi didefinisikan sebagai proses penentuan takson dari suatu spesimen (Dallwitz *et al.*, 2000). Identifikasi tumbuhan tetap merupakan hal dasar dalam botani (Jacquemart *et al.*, 2016). Untuk mengetahui identitas suatu spesimen tumbuhan, sampel dapat dicocokkan dengan dokumen-dokumen yang memuat daftar jenis-jenis tumbuhan, misalnya buku-buku flora atau monograf, herbarium, atau tanaman koleksi di Kebun Raya (Lawrence & Hawthorne, 2006). Namun demikian, dalam beberapa kesempatan seminar daring tentang indentifikasi dan taksonomi tumbuhan, narasumber menyebutkan bahwa saat ini telah terjadi krisis taksonom/identifikator tumbuhan. Tentu saja ini menjadi paradoks di tengah ancaman-ancaman yang menyebabkan tumbuhan menjadi langka—kehilangan habitat, perubahan iklim, dan invasi spesies alien. Fenomena bahwa generasi muda enggan untuk mendalami morfologi tampaknya terkait dengan stereotipe bahwa morfologi adalah ilmu yang rumit, penuh dengan hafalan istilah-

istilah, dan mungkin dianggap kuno (misalnya dibandingkan dengan teknologi DNA *Barcoding* yang dianggap lebih modern).

Dalam artikel ini, penulis memberikan contoh penggunaan satu program komputer—Delta System—yang dapat digunakan dalam manajemen data inventarisasi flora, pembuatan secara otomatis kunci identifikasi konvensional dan interaktif, serta deskripsi tiap takson. Program komputer ini telah dikembangkan di Australia sejak 1980-an (Dallwitz, 1993), disediakan secara gratis (Dallwitz *et al.*, 2016), telah dimanfaatkan dalam penyusunan flora di berbagai belahan dunia (Dallwitz, 1997): Flora of China (Brach & Song, 2006), Flora Australia Barat (<https://florabase.dpaw.wa.gov.au/>), dan tumbuhan kayu dalam daftar CITES (Richter *et al.*, 2014). Namun demikian, pemanfaatannya di Indonesia tampaknya masih terbatas. Satu-satunya contoh yang dijumpai ialah kunci identifikasi interaktif untuk pohon di Borneo (Jarvie & Ermayanti, 1996). Rangkaian proses semacam ini dapat bermanfaat dalam pembelajaran morfologi, dan identifikasi tumbuhan (Jacquemart *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2011) sekaligus mendukung kegiatan konservasi (Jarvie & Stevens, 1998).

METODE PENELITIAN

Untuk menyusun kunci identifikasi konvensional dan interaktif secara otomatis (komputerisasi), diperlukan daftar takson yang akan diidentifikasi, daftar karakter (morfologi), dan perangkat lunak (*software*). Dalam studi ini, pengelolaan data matriks takson dan karakter dilakukan dengan Delta Editor versi 1.02 (2088) yang merupakan bagian dari *the Open Delta Suite*. File penginstal untuk sistem operasi *Windows* tersedia pada tautan <https://github.com/AtlasOfLivingAustralia/open-delta/files/4686518/open-delta-1.02-Installer-NOJRE.exe.zip> (diakses pada 25 Agustus 2020). Perangkat lunak tersebut memerlukan *Java Runtime Environment* yang sesuai, dapat diunduh dari <http://www.java.com>.

Delta System

Perangkat lunak ini terdiri atas beberapa komponen. Dalam studi ini digunakan 2 di antaranya yaitu Delta Editor dan Delta Intkey. Delta Editor digunakan dalam penyusunan matriks taksa– karakter yang kemudian dapat diekspor menjadi kunci identifikasi konvensional, kunci identifikasi interaktif, dan deskripsi masing-masing takson. Ikhtisar program komputer Delta System secara lengkap dapat dilihat dalam (Dallwitz, 2005). Kunci identifikasi konvensional dan deskripsi takson dapat ditampilkan dengan pengolahan kata populer atau dicetak di atas kertas. Kunci identifikasi interaktif (*computerized indentification key*) ditampilkan dengan perangkat lunak Delta Intkey (Dallwitz *et al.*, 2002). Dengan sistem komputer semacam ini, karakter-karakter morfologi yang digunakan bisa ditampilkanurut berdasarkan karakter terbaik (*best characters*), yaitu karakter dengan koefisien separasi (*separation coefficient*) terbesar (Talent *et al.*, 2014).

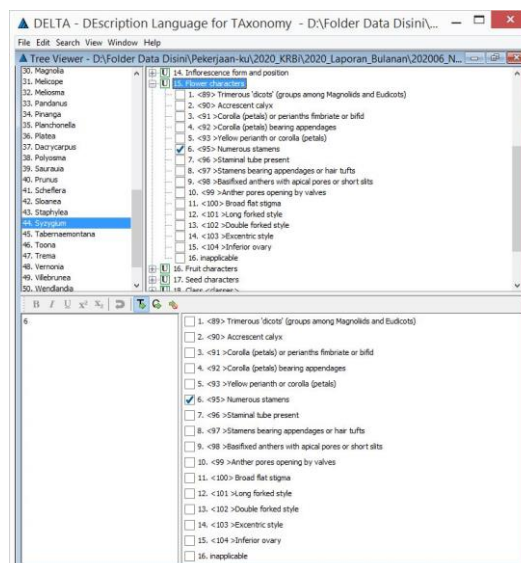
Daftar Taksa

Daftar jenis tumbuhan dalam studi ini merupakan jenis-jenis pohon dari hutan montana Bedugul-Bali (Priyadi *et al.*, 2014; Sutomo *et al.*, 2018), untuk daftar genus, dilakukan penentuan nama famili, ordo, dan

kelas dengan perangkat lunak *Taxize* (Chamberlain & Szöcs, 2013) dalam *R for Windows* versi 3.6.3 (R Core Team, 2020). Tercatat ada 63 jenis pohon, terdiri atas 53 genus, 38 famili, 24 ordo, dan 3 kelas (Suplemen 1).

Karakter Morfologi (*Spot-characters*)

Menurut Taylor (1995), suatu deskripsi taksonomi merupakan suatu daftar sifat-sifat (*properties*) suatu takson. Suatu sifat terdiri atas sebuah karakter dan satu atau lebih keadaan (*state*). Untuk 53 genus dalam daftar taksa, dilakukan penelusuran karakter-karakter morfologi penciri (*spot-characters*) dalam van Balgooy *et al.* (2015). Dalam buku ini secara keseluruhan terdaftar 17 karakter dengan total 119 *state*. Daftar karakter dan *state* ditabulasikan dalam suatu *spreadsheet* berdampingan dengan daftar taksa (Suplemen 1) untuk selanjutnya dilakukan input secara manual ke Delta Editor (Gambar 1), menurut sistem kode yang dijelaskan dalam (M. Dallwitz, 1993). *State* ‘inapplicable’ disajikan secara implisit untuk karakter-karakter tertentu, dilakukan pada menu *View>Character editor*. Dengan setting ini, ‘inapplicable’ otomatis tercentang apabila tidak ada *state* dalam suatu karakter yang sesuai dengan sifat takson yang dimaksud.



Gambar 1. Tampilan matriks taksa (kiri) dan karakter (kanan) pada jendela Delta Editor. Dicontohkan genus *Syzygium*, benang sari banyak ialah *state* yang sesuai dari karakter bunga (diberi tanda centang). Nomor dalam kurung siku menunjukkan urutan *spot-characters* dalam van Balgooy *et al.* (2015). Karakter implisit *inapplicable* otomatis tercentang apabila tidak ada karakter lain yang sesuai

Kunci Identifikasi Konvensional dan Interaktif, Deskripsi Takson

Daftar jenis dan spot-karakter yang telah dipilih, dilakukan input melalui opsi *View>Taxon editor, Character editor* pada Delta Editor (Gambar 1). Selanjutnya dilakukan pengisian tanda centang, melalui *View>Attribute editor (trees atau grid)* untuk tiap-tiap karakter yang sesuai pada masing-masing genus, dengan panduan matriks genus-karakter yang telah disiapkan sebelumnya (lihat bagian Karakter Morfologi). Langkah terakhir pada tahap input data ialah menyimpan file matriks taksa-karakter ini dengan ekstensi .dlt (Suplemen 2).

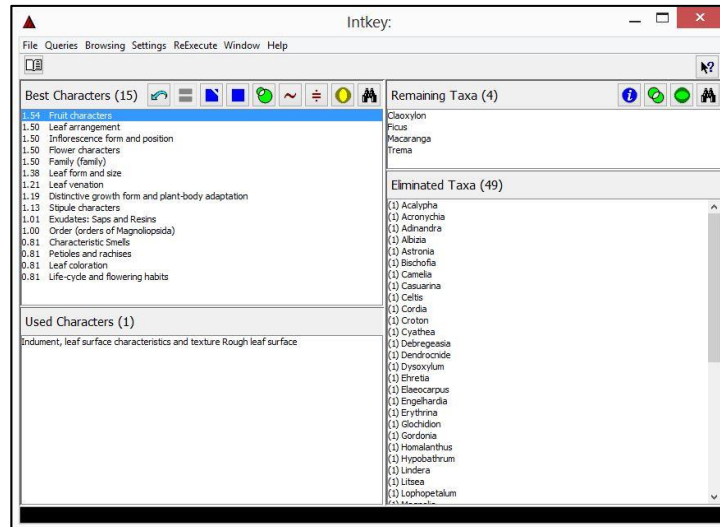
Tahap selanjutnya ialah mengeksport file .dlt dengan menu *File>Export directive (Directive type: Intkey)*, dilanjutkan dengan *View>Action set* yang memunculkan satu jendela baru dengan 4 (empat) tab: *Confor, Intkey, Dist, dan Key*. Pada tab *Confor* dilakukan pencetakan daftar karakter dalam format .rtf (*Print the character list – RTF*), konversi ke dalam format kunci interaktif INTKEY (*Translate into INTKEY format*), konversi ke dalam format kunci konvensional (*Translate into KEY format*), dan konversi deskripsi tiap takson dalam satu file .rtf, .html (*Translate into natural language – RTF, single file for all taxa; html*). Pencetakan kunci identifikasi konvensional, format .rtf dan .html, dilakukan pada tab *Key* dengan mengklik *Action: Confirmatory characters – RTF dan – HTML*. Setiap muncul jendela *Query Export* dilakukan pilihan *No*, karena sebelumnya telah dilakukan *Export directives*. Berkas keluaran (*output*) .rtf dapat ditemukan pada folder *rtf* sedangkan .html pada folder *www*. Keluaran .rtf (*chars.rtf, descrip.rtf, dan key5.rtf*) bisa diedit lebih lanjut dengan perangkat lunak pengolah kata, .html (*implicit.html dan key5a.html*) dengan *text editor* (misalnya notepad atau notepad++) dan ditampilkan dengan peramban web (*web browser*), dan *intkey* dengan perangkat lunak Delta *Intkey*. Sebagai informasi, keluaran-keluaran tersebut dapat diterjemahkan ke dalam berbagai bahasa dengan penerjemahan matriks karakter (Dallwitz, 2005). Dalam contoh ini, matriks karakter

dibuat sama dengan sumber aslinya (van Balgooy *et al.*, 2015) dalam bahasa Inggris.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 52 genus flora pohon hutan montana Bedugul tercatat dalam buku *Spot-Characters* dengan 1–30 karakter *state* (Suplemen 1). *Cyathea* ialah satu-satunya genus yang tidak terdaftar, untuk itu disematkan *state* daun muda menggulung (*circinate vernation*)—merupakan ciri khas tumbuhan paku, pada karakter #8. Bentuk dan ukuran daun. Gabungan matriks taksa dan karakter dalam format Delta Editor (Gambar 1, Suplemen 2) memuat 53 genus dengan 17 karakter yang masing-masing terdiri atas 2–14 *states* (Suplemen 3). Total 23 karakter diperoleh dengan enam karakter tambahan golongan dalam taksonomi mulai dari kelas sampai spesies, hanya ada satu karakter #9. Tepi daun, tanpa *state* ‘*inapplicable*’ (Suplemen 3).

Contoh tampilan kunci identifikasi interaktif dengan Delta *Intkey* disajikan pada Gambar 2, versi lengkap pada Suplemen 4. Pada komputer dengan Delta System, tampilan semacam ini diperoleh dengan klik ganda *intkey.exe* pada folder hasil eksport file dengan ekstensi .dlt, dilanjutkan aktivasi ‘*best characters*’ dengan klik tanda “=”. Gambar 2 menunjukkan 15 karakter terbaik (*Best Characters*) setelah dipilihnya *state* <75> permukaan daun kasar dari karakter #12. Indumen, tekstur dan karakteristik permukaan daun (*Used Characters*). Lima belas karakter tersebut ditampilkan secara urut menurut nilai koefisien separasi terbesar sampai terkecil. Pilihan tersebut menyisakan 4 genus: *Claoxylon, Ficus, Macaranga, dan Trema (Remaining Taxa)* dengan mengeliminasi 44 genus lainnya (*Eliminated Taxa*). *Ficus* menjadi satu-satunya genus tersisa dengan pemilihan *state* <20> getah putih atau kuning pada karakter #3. Eksudat: getah dan resin (data tidak ditampilkan). Adapun tanpa pilihan ‘*best characters*’, sebanyak 23 karakter dengan 53 genus ditampilkan pada jendela *Intkey* (data tidak ditampilkan).



Gambar 2. Hasil kunci interaktif ditampilkan pada perangkat lunak Delta Intkey. Terdapat 4 jendela: Daftar Karakter, Taksa tersisa, Karakter yang telah digunakan, dan Taksa tereliminasi. Pada contoh tersebut ditampilkan karakter terbaik (aktif dengan klik tanda “=”) secara berurutan berdasarkan nilai koefisien separasi. Penggunaan satu karakter permukaan daun kasar mengeliminasi 49 taksa dengan menyisakan 4: Claoxylon, Ficus, Macaranga, dan Trema

Bagian dari kunci identifikasi konvensional disajikan pada Gambar 3, adapun versi lengkap dilampirkan pada Suplemen 5. Delta system menginformasikan terdapat 23 karakter, 18 digunakan, dan 17 terdapat di dalam kunci identifikasi. Adapun yang dimaksud 53 *items* ialah terminal takson, dalam hal ini 53 genus dalam studi ini. Dengan kata lain, kunci identifikasi yang dibuat telah memuat semua taksa dengan memanfaatkan 17 dari 23 karakter yang tersedia. Gambar 4 merupakan bagian dari deskripsi tiap-tiap takson, dengan versi lengkap pada Suplemen 6. Sebagai catatan deskripsi morfologi tersebut merupakan keluaran komputer (ekspor dari file dengan ekstensi .dlt), bukan hasil pengetikan manual oleh pengguna.

Pada studi ini telah dihasilkan suatu contoh kunci identifikasi interaktif, konvensional, dan deskripsi taksa dari data flora dengan karakter-karakter identifikasi yang sesuai dengan memanfaatkan suatu perangkat lunak. Hal semacam ini bisa dianalogikan dengan fasilitas *mail merge*, *table of content*, dan *insert index* pada aplikasi pengolah kata, di mana pengguna bisa fokus kepada materi yang ingin ditampilkan dan komputer akan

mengerjakan *layout*-nya. Namun demikian, praktik semacam ini tampaknya belum begitu lazim di masyarakat botani Indonesia. Hal ini tercermin dari fakta bahwa meskipun penyusunan kunci identifikasi dengan komputer telah diinisiasi pada era 1970-an (Pankhurst, 1971; Pankhurst, 1970), contoh publikasi taksonomi baru-baru ini masih menggunakan cara manual dalam penyusunan kunci identifikasi (Putri *et al.*, 2015; Keim, 2017; Damayanto *et al.*, 2019). Hal ini tampaknya terkait dengan masalah klasik, yaitu hambatan biologiwan dalam pemanfaatan teknologi komputer. Padahal, terdapat banyak kelebihan penggunaan teknologi komputer dalam penyusunan kunci identifikasi dibandingkan cara manual. Coleman *et al.* (2010) menekankan bahwa pada era di mana para taksonom menjadi semakin langka seperti sekarang ini, kunci identifikasi interaktif bisa menjadi solusi (terutama untuk non-spesialis). Menurut Jarvie & Stevens (1998) kunci identifikasi interaktif lebih mudah dibandingkan kunci dikotom, dan apabila terjadi perubahan (klasifikasi, nama ilmiah) kunci semacam ini bisa dimutakhirkan secara cepat dan tepat.

Key 5. Confirmatory characters	
<i>Characters:</i> 23 indata, 18 included, 17 in key.	
<i>Items:</i> 53 indata, 53 included, 53 in key.	
<i>Parameters:</i> Rbase =1.40 Abase = 2.00 Reuse = 1.01 Varywt = 0.80	
<i>Charactersincluded:</i> 1–18	
<i>Character reliabilities:</i> 1–23,5	
1.	Leaf form and size Circinate vernation Cyathea Leaf form and size Whorled or verticillate leaves; leaves in rosettes ilex Leaf form and size Anisophyllous leaf pairs, rosettes, or sequences 2 Leaf form and size Large simple leaves in non-monocots 3 Leaf form and size Asymmetric simple leaves 7 Leaf form and size Digitately compound leaves 8 Leaf form and size Doubly or 3(4-) pinnate leaves 10 Leaf form and size Peltate leaves 11 Leaf form and size inapplicable 13
2(1).	Exudates: Saps and Resins Plants conspicuously resinous upon drying; Petioles and rachises Wrinkled petioles; Leaf arrangement Whorled or verticillate leaves; leaves in rosettes; Life-cycle and flowering habits Cauliflorous flowering habit (flowers on stems and trunks) Syzygium Exudates: Saps and Resins Resinous exudate; Petioles and rachises inapplicable; Leaf arrangement inapplicable; Life-cycle and flowering habits inapplicable Dacrycarpus
3(1).	Inflorescence form and position Fasciculate inflorescences and distichous alternate leaves Litsea Inflorescence form and position 'Leaf opposed' inflorescence 4 Inflorescence form and position Compact inflorescence 5 Inflorescence form and position inapplicable 6

Gambar 3. Kunci identifikasi konvensional/bertakik (*bracketed keys*)

Descriptions
<p>Acalypha</p> <p>Stem and branch characteristics Swollen nodes. Stipule characters Interpetiolar stipules and stipule-like structure, or Foliaceous stipules. Petioles and rachises Winged petiole or rachis. Leaf arrangement Opposite compound leaves. Leaf form and size Digitately compound leaves. Leaf margins Dentate/serrate (toothed) leaf margin (non-monocots). Leaf coloration Young leaves red, or Leaves withering red. Indument, leaf surface characteristics and texture Bullate leaves, or Leaf domatia, or Laminar (l) or petiolar (p) glands. Fruit characters Trilocular capsules, or Apocarpus fruits. Seed characters Comose seeds. Class Magnoliopsida. Order Malpighiales. Family Euphorbiaceae. Species <i>Acalypha caturus</i>.</p>
<p>Acronychia</p> <p>Petioles and rachises Petioles enlarged or 'swollen' distally or at both ends. Leaf arrangement Opposite compound leaves. Leaf form and size Digitately compound leaves. Fruit characters White fruits. Class Magnoliopsida. Order Sapindales. Family Rutaceae. Species <i>Acronychia trifoliata</i>.</p>
<p>Adinandra</p> <p>Stem and branch characteristics 'Winged' stems. Inflorescence form and position Fasciculate inflorescences and distichous alternate leaves. Class Magnoliopsida. Order Ericales. Family Pentaphragaceae. Species <i>Adinandra</i> sp.</p>

Gambar 4. Deskripsi tiap-tiap takson terminal, disajikan dalam satu berkas urut menurut alfabet

Karakter yang digunakan dan ditampilkan pada kunci identifikasi (interaktif) pada studi ini terbatas pada istilah-istilah untuk identifikasi tumbuhan (Harris & Harris, 2001; van Balgooy *et al.*, 2015). Dalam hal ini, gambar-gambar sebenarnya dapat ditampilkan dalam suatu kunci identifikasi interaktif (Leggett & Kirchoff, 2011) seperti pada kunci identifikasi visual untuk Anggrek Korea (Seo & Oh, 2017). Penggunaan gambar tentu saja akan mempermudah identifikator karena tidak harus memahami istilah-istilah morfologi untuk tujuan identifikasi, hanya perlu mengandalkan kemampuan pengenalan karakter-karakter secara visual. Hal ini sesuai dengan penjelasan dalam deskripsi WebiKey (Attigala *et al.*, 2016). Dengan demikian, kunci identifikasi interaktif flora pohon hutan montana Bedugul ini masih dapat dikembangkan lagi dengan

menambahkan gambar-gambar karakter morfologi untuk mempermudah penggunaannya. Fleksibilitas dalam penyusunan matriks taksa dan karakter dengan Delta Editor juga dapat mempermudah seorang pemula untuk mempelajari karakter-karakter morfologi untuk tujuan identifikasi. Pada awalnya dapat dibuat daftar takson dan karakter beserta *state* yang sudah familiar, kemudian dilanjutkan dengan penyusunan kunci identifikasi dan deskripsi. Selanjutnya bisa ditambahkan takson-takson ataupun karakter-karakter yang baru dipelajari (belum familiar) pada matriks yang telah dibuat sebelumnya, diikuti dengan penyusunan kunci identifikasi dan deskripsi. Demikian siklus ini diulang-ulang sehingga seorang pemula pada akhirnya dapat menjadi mahir.

Hasil studi ini murni berdasarkan karakter-karakter dalam van Balgooy *et al.* (2015), tanpa pengamatan spesimen secara langsung. Meskipun rangkaian proses yang disajikan dalam artikel ini dapat mendemonstrasikan otomatisasi penyusunan kunci identifikasi dan deskripsi takson, namun kesesuaian karakter dalam kunci dan deskripsi dengan spesimen perlu divalidasi lebih lanjut, terutama *state 'inapplicable'*. Pada studi ini, pada satu sisi peniadaan *state 'inapplicable'* mengakibatkan ekspor file .dlt menjadi format Intkey atau kunci konvensional tidak dapat dilakukan. Pada sisi lainnya, penyematannya menyebabkan '*inapplicable*' tersebar di *lead* maupun *couplet* kunci konvensional, yang dapat menyebabkan kesulitan dalam penggunaan kunci tersebut. Dalam hal ini, '*inapplicable*' seharusnya dapat diganti dengan karakter-karakter yang benar-benar ada pada spesimen. Hal-hal ini yang perlu diperhatikan dalam validasi kunci identifikasi dan deskripsi berbasis spesimen. Selain itu, buku identifikasi tambahan bisa dijadikan panduan, misalnya "Identifikasi tumbuhan berkayu tropis" (Keller, 1996).

Delta System merupakan satu dari banyak perangkat lunak untuk tujuan manajemen data inventaris (*inventory data*), termasuk flora. Sistem serupa tersedia misalnya Act Key (Brach & Song, 2005), Lucid (Bittrich *et al.*, 2012), dan WebiKey (Attigala *et al.*, 2016). Sistem-sistem tersebut dikembangkan untuk otomatisasi penyusunan kunci identifikasi (utamanya interaktif). Untuk tujuan pengeditan, tersedia juga perangkat lunak khusus misalnya DKey (Tofilski, 2018). Keluaran dari Delta System dapat diedit lebih lanjut dengan DKey apabila diperlukan. Selain itu, telah dikembangkan juga perangkat-perangkat lunak pendukung, misalnya *monographaR* dengan tujuan khusus untuk penyusunan monograf taksonomi (Reginato, 2016). Attigala *et al.* (2016) membandingkan WebiKey dengan beberapa perangkat sejenis, salah satunya Intkey. Mereka mengklaim bahwa WebiKey lebih modern karena berbasis web. Namun demikian, Delta System telah dikembangkan sejak lama (Dallwitz, 1993), telah diakui sebagai standard oleh Taxonomic

Database Working Group–TDWG (Jarvie & Stevens, 1998), dan sistem ini sudah banyak dimanfaatkan dalam manajemen inventarisasi flora dengan berbagai skala (Dallwitz, 1997). Dengan demikian, Delta System merupakan salah satu pilihan terbaik. Terlebih lagi, sistem ini masih terus dikembangkan dan disediakan secara gratis.

Hasil kegiatan yang dipaparkan dalam naskah ini lebih menitikberatkan pada proses penyusunan secara otomatis kunci identifikasi dan deskripsi dari matriks taksa dan karakter menggunakan perangkat lunak. Pada kenyataannya, telah banyak contoh kunci identifikasi yang telah dibuat dan dipublikasikan dengan metode serupa, misalnya untuk kawasan Malesia tersedia kunci interaktif Intkey untuk level famili (Malesian Key Group, 2004) dan dilaporkan akan dikembangkan dalam format eFlora (Roos *et al.*, 2011), kunci identifikasi interaktif untuk Tabebuia (Santo *et al.*, 2013), dan kunci identifikasi tumbuhan paku Kawasan Amazon (Zuquim *et al.*, 2017). Contoh-contoh basis data kunci interaktif yang dibuat dengan Delta System dapat dilihat dan diunduh secara gratis dari situsnya (<https://www.deltaintkey.com/www/data.htm>, diakses 09 September 2020). Contoh-contoh kunci interaktif tersebut dapat menjadi acuan pengembangan kunci-kunci identifikasi serupa, sebagaimana hasil penyusunan kunci identifikasi dan deskripsi yang disajikan pada naskah ini.

KESIMPULAN

Perangkat lunak Delta System merupakan satu pilihan untuk mendokumentasikan data inventaris flora dalam matriks taksa dan karakter yang pada gilirannya dapat dikonversi menjadi kunci identifikasi konvensional maupun interaktif dan deskripsi. Pengguna hanya perlu fokus kepada kedua matriks dan komputer yang akan mengerjakan *layout* kunci identifikasi dan deskripsi. Studi ini berhasil memberikan contoh dengan 53 genus flora pohon hutan montana Bedugul, Bali dan 17 karakter beserta *state* yang sesuai. Mengingat karakter yang digunakan murni berdasarkan buku *Spot-Characters*, perlu dilakukan validasi

karakter berdasarkan pengamatan spesimen. Penambahan gambar-gambar karakter morfologi selain istilah-istilah identifikasi tumbuhan juga akan mempermudah penggunaan kunci identifikasi interaktif oleh para pemula dan non-spesialis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada panitia “Training Workshop on: Surveillance, Diagnostic and Sample Processing of Plant Pathogen and Pest Specimens 2012” terutama Teguh Triyono dan John Westway pada sesi Gulma, yang telah memperkenalkan kunci identifikasi interaktif. Matriks takson flora pohon hutan montana Bedugul merupakan set data oleh tim survei Kebun Raya Bali pada kegiatan-kegiatan dengan dana DIPA pada 2013-2015. Ketua tim: Ida Bagus Ketut Arinasa (2013), I Dewa Putu Darma (2014), AP (2015); teknisi: I Nengah Nada, I Ketut Sandi, I Gede Nyoman Puja Antara, I Ketut Toya, I Wayan Nastra, I Gusti Made Sudirga, Ahmad Fauzi, dan Haruly Meriansyah.

DAFTAR PUSTAKA

- Arinasa, IBK., Adjie B., and Putri, DMS. 2017. An Alphabetical List of Plant Species Cultivated In Bali Botanic Garden. Jakarta: LIPI Press.
- Attigala, L., De Silva, NI., and Clark, LG. 2016. Simple Web-based interactive key development software (WEBiKEY) and an example key for Kuruna (Poaceae: Bambusoideae). *Applications in Plant Sciences*. vol 4(4): 1-7. doi: 10.3732/apps.1500128.
- Bittrich, V., Souza, CSD., Coelho, RLG., Martins, MV., Hopkins, MJG., and Amaral, MCE. 2012. An interactive key (Lucid) for the identifying of the genera of seed plants from the Ducke Reserve, Manaus, AM, Brazil. *Rodriguésia*. vol 63: 055-064. doi: 10.1590/S2175-78602012000100005.
- Brach, AR and Song, H. 2005. ActKey: a Web-based interactive identification key program. *Taxon*. vol 54(4): 1041-1046. doi: 10.2307/25065490.
- Brach, AR and Song, H. 2006. eFloras: New directions for online floras exemplified by the Flora of China Project. *Taxon*. vol 55(1): 188-192. doi: 10.2307/25065540.
- Chamberlain, SA and Szöcs, E. 2013. Taxize: taxonomic search and retrieval in R. *F1000Research*. vol 2: 191-191. doi: 10.12688/f1000research.2-191.v2.
- Coleman, C., Lowry J and Macfarlane T. 2010. DELTA for beginners. An introduction into the taxonomy software package DELTA. *ZooKeys*. vol 45: 1-75. doi: 10.3897/zookeys.45.263.
- Dallwitz, MJ. 1993. Delta And Intkey. *Advances In Computer Methods for Systematic Biology: Artificial Intelligence, Databases, Computer Vision*. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press.
- Dallwitz, MJ. 1997. Descriptions, illustrations, interactive identification, and information retrieval from DELTA databases. *DELTA—Description Language for Taxonomy*. Retrieved from <https://www.delta-intkey.com/www/data.htm>.
- Dallwitz, MJ. 2005. Overview of the DELTA System.
- Dallwitz, MJ., Paine, T., and Zurcher, E. 2016. Conditions of use for the Delta System. Retrieved from <https://www.delta-intkey.com/www/use.htm>.
- Dallwitz, MJ., Paine, T., and Zurcher, E. 2000. Principles of interactive keys. *Web-based document http://biodiversity.uno.edu/delta,3*.
- Dallwitz, MJ., Paine, T., and Zurcher, E. 2002. Interactive identification using the Internet. Towards a global biological information infrastructure—challenges, opportunities, synergies, and the role of entomology. *European Environment Agency Technical Report*. vol 70: 23-33.
- Damayanto, I., Mulyani, S., dan Wahidah, BF. 2019. Inventarisasi, kunci identifikasi, pemetaan, dan rekomendasi pengelolaan jenis-jenis bambu di *ecology park*, pusat konservasi tumbuhan, kebun raya-LIPI, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Arsitektur Lanskap*. vol 5(1): 114-124.
- Djarwaningsih, T. 2016. Inventarisasi Suku Euphorbiaceae, Phyllanthaceae dan Putranjivaceae di Kebun Raya Eka Karya Bali: upaya melengkapi pembuatan buku Flora of Bali. *Jurnal Biodjati*. vol 1(1): 48-54. doi: 10.15575/biodjati.v1i1.1036.
- Harris, JG and Harris, MW. 2001. *Plant Identification Terminology: An Illustrated Glossary*. Payson, Utah: Spring Lake Publishing.
- Jacquemart, AL., Lhoir, P., Binard, F., and Descamps, C. 2016. An interactive multimedia dichotomous key for teaching plant identification. *Journal of Biological Education*. 50(4): 442-451. doi: 10.1080/00219266.2016.1150870
- Jarvie, JK and Ermayanti, T. 1996. Tree genera of Borneo—descriptions and illustrations. Retrieved from <http://django.harvard.edu/users/jjarvie/Borneo.htm/>.
- Jarvie, JK and Stevens, PF. 1998. Interactive keys, inventory, and conservation. *Conservation Biology*. 12(1): 222-224.
- Keim, AP. 2017. Flora pandan Kawasan Semende, Muara Enim, Sumatera Selatan. *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*. vol 1(2): 38-47.

- Keller, R. 1996. Identification of Tropical Woody Plants in The Absence of Flowers and Fruits : A Field Guide. Basel: Springer.
- Kusmana, C dan Hikmat, A. 2015. Keanekaragaman hayati flora di Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. vol 5(2): 187-198. doi:10.19081/jpsl.5.2.187.
- Lawrence, A and Hawthorne, W. 2006. Plant Identification: Creating User-Friendly Field Guides for Biodiversity Management. Sterling: Earthscan.
- Leggett, R and Kirchoff, BK. 2011. Image use in field guides and identification keys: review and recommendations. *AoB PLANTS*. vol 2011(plr004): 1-37. doi: 10.1093/aobpla/plr004.
- Malesian Key Group. 2004. An Interactive Key to Malesian Seed Plants, v. 1.0 (CD-ROM). Leiden and Kew: National Herbarium Netherland and Royal Botanic Gardens Kew.
- Pankhurst, RJ. 1971. Botanical keys generated by computer. *Watsonia*. vol 8: 357-368).
- Pankhurst, RJ. 1970. A computer program for generating diagnostic keys. *The Computer Journal*. vol 3(2): 145-151. doi: 10.1093/comjnl/13.2.145
- Priyadi, A., Sutomo, S., Darma, IDP., and Arinasa, IBK. 2014. Selecting tree species with high carbon stock potency from tropical upland forest of Bedugul-Bali, Indonesia. *Journal of Tropical Life Science*. vol 4(3): 201-205.
- Putri, RT., Rugayah, R., and Sedayu, A. 2015. Keanekaragaman, deskripsi dan kunci determinasi Artabotrys R. Br. (Annonaceae) Pulau Jawa dan Kepulauan Sunda Kecil. *Bioma*. vol 11(2): 173-184. doi: 10.21009/Bioma11(2).7.
- R Core Team. 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Reginato, M. 2016. MonographR: An R package to facilitate the production of plant taxonomic monographs. *Brittonia*. vol 68(2): 212-216. doi: 10.1007/s12228-015-9407-z.
- Richter, H., Gembruch, K., and Koch, G. 2014. CITESwoodID: Descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. English, French, German, and Spanish. Retrieved from <https://www.delta-intkey.com/citeswood/en/index.htm>.
- Roos, M., Berendsohn, W., Dessen, S., Hamann, T., Hoffmann, N., Hovenkamp, P., Janssen, T., Kirkup, D., de Kok, R., Sierra, SEC., Smets, E., Webb, C., and van Welzen, PC. 2011. e-Flora Malesiana: state of the art and perspectives. *Garden's Bulletin Singapore*. vol 63(1-2): 189-195.
- Santo, FSE., Siqueira, AA., and Rapini, A. 2013. Chave interativa para a identificação das espécies da Aliança Tabebuia (Bignoniaceae) no estado da Bahia, Brasil. *Biota Neotropica*. vol 13: 345-349. doi: 10.1590/S1676-06032013000300034
- Seo, S-W and Oh, S-H. 2017. A visual identification key to Orchidaceae of Korea. *Korean Journal of Plant Taxonomy*. vol 47(2): 124-131. doi: 10.11110/kjpt.2017.47.2.124.
- Silva, H., Pinho, R., Lopes, L., Nogueira, AJA., and Silveira, P. 2011. Illustrated plant identification keys: An interactive tool to learn botany. *Computers & Education*. vol 56(4): 969-973. doi: 10.1016/j.compedu.2010.11.011.
- Sutomo, S., Darma, IDP., Priyadi, A., and Iryadi, R. 2018. Trees species diversity and indicator species in Bedugul forest ecosystem, Bali, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 19(6): 2213-2218. doi: 10.13057/biodiv/d190629.
- Talent, N., Dickinson, RB., and Dickinson, TA. 2014. Character selection during interactive taxonomic identification: "best characters". *Biodiversity Informatics*. vol 9: 1-12.
- Taylor, A. 1995. Extracting Knowledge From Biological Descriptions. *Proceedings Second International Conference on Building and Sharing Very Large-Scale Knowledge Bases*, pp. 1-11.
- Tofilski, A. 2018. DKey software for editing and browsing dichotomous keys. *ZooKeys*. vol 735: 131-140. doi: 10.3897/zookeys.735.21412.
- van Balgooy, MMJ., Low, Y., and Wong, K. 2015. Spot-Characters for the Identification of Malesian Seed Plants. Kinabalu: Natural History Publications (Borneo).
- Watson, L., Dallwitz, M., Gibbs, A., and Pankhurst, RJ. 1988. Automated taxonomic descriptions. *Prospects in Systematics*. vol 36: 297-304.
- Zuquim, G., Tuomisto, H., and Prado, J. 2017. A free-access online key to identify Amazonian ferns. *PhytoKeys*. vol 78: 1-15. doi: 10.3897/phytokeys.78.11370.