

## Review: Spesiasi pada Jambu-Jambuan (Myrtaceae): Model Cepat dan Lambat

### Speciation in the myrtle family (Myrtaceae): rapid and slow models

PUDJI WIDODO\*

Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman (Unsoed), Purwokerto 53122

Diterima: 17 Oktober 2006. Disetujui: 2 Januari 2007.

#### ABSTRACT

Speciation or formation of new species is a process which may take very long time. When a new species is really formed from a previous species is still unknown exactly. However, sometimes when populations no longer interbreed, they are thought to be separate species. As natural selection, if populations adapt the occupying different environments, they will diverge into races, subspecies, and finally separate species. There are some models of speciation such as geographical, polyploidy, chromosomal, and ecological speciation. However, in the myrtle family (Myrtaceae) they can be grouped into two big models of speciation namely the rapid and slow speciation. This review points out that hybridization is a major factor affecting Myrtaceae, although evolution activities were also approved by the fact that some fossil pollens have been found in Antarctica

© 2007 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

**Key words:** speciation models, mutation, evolution, Myrtaceae

#### PENDAHULUAN

Spesiasi adalah suatu proses pembentukan jenis baru. Spesiasi terjadi bila aliran gen antara populasi yang pada mulanya ada secara efektif telah mereda dan disebabkan oleh mekanisme isolasi (Hale *et al.*, 1995). Jenis baru dapat terbentuk dalam kurun waktu sejarah yang panjang maupun pendek tergantung model spesiasi mana yang dilaluinya. Spesiasi merupakan respon makhluk hidup termasuk Myrtaceae terhadap kondisi lingkungannya berupa adaptasi sehingga kelompok ini dapat bertahan hidup dan tidak punah.

Begitu populasi berubah, terbentuklah jenis baru tetapi masih sekerabat. Kapan dua populasi merupakan jenis berbeda yang baru? Jika populasi tersebut sudah tidak lagi dapat saling kawin, dianggap sebagai dua jenis yang terpisah (konsep jenis biologis). Seperti halnya seleksi alam, populasi yang beradaptasi terhadap lingkungan yang berbeda akan berubah menjadi ras, subspecies, dan akhirnya menjadi species terpisah yang baru (Farabee, 2001). Dalam hal ini beberapa anggota Myrtaceae yang telah terpisah oleh lautan akibat pergeseran lempeng benua, masing-masing menyesuaikan diri dengan lingkungannya dalam waktu yang sangat lama dan jarak yang makin jauh, sehingga bila dipertemukan kembali mungkin tidak dapat saling menyerbuki.

Spesiasi sangat terkait dengan evolusi, keduanya merupakan proses perubahan yang berangsur-angsur,

sedikit demi sedikit, secara gradual, perlahan tetapi pasti terjadi. Spesiasi lebih ditekankan pada perubahan yang terjadi pada populasi jenis tertentu. Sedangkan evolusi jauh lebih luas, dapat meliputi semua organisme hidup maupun benda mati yang membentuk seluruh alam semesta ini. Kebanyakan evolusi diartikan secara sempit sebagai perubahan yang terjadi pada makhluk hidup, tetapi secara luas dapat meliputi perubahan apapun di jagat raya ini.

#### KECEPATAN SPESIASI

Kecepatan spesiasi maupun kepunahan sebagian tergantung pada ukuran kisaran geografis jenis tersebut. Daerah yang luas cenderung meningkatkan kecepatan spesiasi dan menurunkan kecepatan kepunahan. Jenis yang terdapat di daerah yang luas akan mengalami spesiasi lebih cepat, sedangkan menurunnya luas area akan meningkatkan kepunahan suatu jenis, jadi menurunkan jumlah jenis yang akan mengalami spesiasi. Bukti terkini dan fosil menunjukkan bahwa kehilangan x% luas daerah, akan mengakibatkan kehilangan x% jenis (Rosenzweig, 2001).

Suatu daerah di Indonesia yang relatif luas seperti pulau Sumatra, Kalimantan, dan Papua, secara logika lebih mudah mengalami proses spesiasi sehingga dihasilkan populasi yang makin banyak. Bila ditinjau dari menurunnya luas hutan yang terjadi setiap tahunnya akibat kebakaran, konversi lahan, dan penebangan liar, maka jelas kehilangan jenis juga lebih kurang sama dengan luas hutan yang hilang. Proses spesiasi juga akan mengalami penurunan

\* Alamat Korespondensi:

Jl Dr Soeparno 63. PURWOKERTO 53122  
Email: pudjiwi@yahoo.com

yang sangat drastis, bahkan kepunahan pun tak dapat dihindari.

Kecepatan spesiasi dapat pula ditinjau dari segi lamanya waktu yang diperlukan untuk membentuk jenis, varietas, atau klon baru. Spesiasi melalui hibridisasi jauh lebih cepat daripada spesiasi geografis dan ekologis, karena hibridisasi dengan bantuan manusia pada berbagai jenis anggota Myrtaceae dapat dilakukan dengan cepat dan dapat menghasilkan keturunan berupa hibrida yang segera dapat diamati. Sebaliknya spesiasi alamiah dapat memakan waktu yang sangat lama dan hasilnya kadang-kadang sulit dideteksi. Jadi berdasarkan kecepatannya, ada dua model spesiasi yaitu spesiasi cepat dan spesiasi lambat.

### BUKTI SPESIASI

Pembuktian adanya proses spesiasi dalam Suku Myrtaceae tidaklah mudah karena anggotanya cukup banyak, terdiri dari 140 marga dan beberapa ribu jenis tumbuhan (Kenneth *et al.*, 2000). Di samping itu proses ini dapat memakan waktu yang sangat panjang sampai ratusan bahkan ribuan tahun. Dari sini timbul pertanyaan apakah spesiasi yang demikian lambat juga dapat dibuktikan terjadi pada anggota Myrtaceae? Sementara bukti berupa fosil sangat terbatas.

Salah satu cara membuktikan adanya proses spesiasi adalah dengan analisis filogeni yaitu suatu analisis tentang sejarah evolusioner dari suatu jenis atau takson lainnya. Penggunaan pengurutan DNA, cpDNA, ITS, gen kloroplas *ndhF*, dan allozyme, dapat membuktikan terjadinya spesiasi pada berbagai jenis anggota Myrtaceae ini. Penelitian semacam ini telah banyak dilakukan di Australia karena benua ini merupakan salah satu pusat persebaran Myrtaceae di dunia (Biffin, 2005).

Dari beberapa kajian dan penelitian tentang Myrtaceae di Australia dan beberapa Negara lain ternyata menunjukkan bahwa fenomena spesiasi ini memang terjadi. Beberapa contoh spesiasi telah diketahui dan dibuktikan dengan berbagai cara baik penelitian secara morfologis, anatomis, maupun pada tingkat molekuler. Pengetahuan tentang spesiasi pada Myrtaceae ini penting agar kita dapat memprediksi masa depan dari golongan tumbuhan ini, apakah dapat bertahan atau punah. Jika kepunahan lebih dominan, maka kita harus segera melakukan konservasi.

Saat ini masih sedikit laporan tentang spesiasi pada Myrtaceae di Indonesia, kebanyakan laporan berasal dari Australia. Contoh fenomena spesiasi adalah yang terjadi di Australia dan New Zealand. Telah terbukti bahwa penggunaan teknik filogenetik menggunakan marker DNA dapat membantu memecahkan masalah genera di New Zealand, tetapi setelah dibandingkan dengan penggunaan teknik taksonomi tradisional, masih sering terjadi kekurangan variasi untuk memecahkan kompleks spesies tersebut. Penelitian ini menunjukkan dukungan yang kuat bagi pendapat bahwa seksi *Salisia* (*Kunzea baxteri*, *K. pulchella*) dan *Leptospermoides* (terdiri dari kompleks *K. ericoides*), berbeda dengan seksi *Kunzea* (*K. capitata* dan jenis lain dari Australia Timur). Selain itu jelas bahwa jenis dari Australia dan New Zealand dari kompleks *K. ericoides* walaupun berkerabat dekat, tetapi masing-masing berbeda. Namun demikian penelitian dengan pengurutan ITS tidak membantu memecahkan masalah perbedaan morfologis antara jenis pada kompleks *Kunzea*. Hal ini bukan tidak umum dalam flora of New Zealand merupakan dukungan lebih lanjut bagi pendapat bahwa spesiasi pada sebagian

besar flora di New Zealand telah terjadi (Lange *et al.*, 2002).

Bukti spesiasi lain adalah hasil penelitian tentang cpDNA di Tasmania dan Australia daratan. Kloroplas DNA dari *Monocalyptus* lebih bervariasi daripada di Tasmania yang secara filogenetik berhubungan dengan cpDNA di Victoria Tengah dan Barat. Empat di antara enam jenis di Tasmania polimorfik. Variasi tingkat cpDNA yang rendah dan interdegradasi morfologis yang luas di antara endemik di Tasmania menunjukkan spesiasi. Namun demikian, transfer cpDNA melalui hibridisasi adalah penjelasan yang paling memadai bagi *sharing* cpDNA dalam series tersebut (McKinnon *et al.*, 1999).

Hasil analisis filogenetik pada Myrtaceae menggunakan gen kloroplas *ndhF* yang berevolusi dengan cepat menunjukkan bahwa Myrtoideae sebagian besar monofiletik dan maju. Porsi kerabat *Metrosideros* biasanya mendasar dalam Myrtaceae. Derivasi dari buah berdaging telah terjadi lebih dari satu kali. Demikian juga, evolusi dari mahkota bunga yang mencolok dan mekarnya "sikat botol" menandai konvergensi atau paralelisme, suatu bentuk evolusi yang menghasilkan organisme berbeda, secara independen menurunkan persamaan bentuk (Kenneth *et al.*, 2000).

Hasil penelitian marga *Eremaea* anggota Myrtaceae berupa semak berkayu di Australia dengan menggunakan variasi allozyme pada 15 lokus polimorfik menunjukkan bahwa sebagian besar variabilitas genetik dalam *Eremaea* sp. disebabkan oleh perbedaan-perbedaan dalam populasi daripada antar populasi (Coates dan Hnatiuk, 2005). Data allozyme mendukung studi morfologis yang mengindikasikan lima kelompok jenis atau kompleks. Dari 159 pasangan kombinasi yang mungkin di antara 19 taksa dengan perbedaan morfologis, 15 di antaranya menunjukkan sedikit divergensi allozyme. Tidak adanya perbedaan allozyme berhubungan dengan spesiasi yang cepat atau berhubungan dengan hibridisasi introgresif atau penyebaran gen dari suatu jenis ke dalam jenis lain akibat hibridisasi. Berdasarkan data allozyme, *E. aff. brevifolia* x *violacea* dapat berasal dari hibrida asli atau berupa hibrida turunan. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa hibridisasi interspesifik terjadi pada *Eremaea*. Spesiasi kini yang cepat, dikombinasikan dengan hibridisasi telah menghasilkan pola evolusi *reticulate* (tersusun dalam bentuk jaringan). Analisis filogenetik berdasarkan pada data allozyme umumnya konsisten dengan analisis yang didasarkan pada data morfologis kecuali pada penempatan *E. purpurea* dan *E. aff. pauciflora* (Coates dan Hnatiuk, 2005).

### MODEL SPESIASI

Ada banyak model spesiasi yang merefleksikan kekuatan besar dalam proses spesiasi di alam seperti spesiasi geografis, spesiasi poliploidi, spesiasi kromosomal, spesiasi ekologis, dan spesiasi aseksual. Tetapi hanya beberapa model saja yang mungkin terjadi pada Myrtaceae. Fenomena spesiasi yang paling mudah terjadi dengan kecepatan relatif tinggi pada anggota Myrtaceae adalah pembentukan hibrida baru oleh manusia dengan hibridisasi. Proses hibridisasi ini termasuk dalam model spesiasi poliploidi maupun kromosomal. Sedangkan spesiasi model lainnya juga terjadi tetapi dengan kecepatan yang relatif lambat dan baru dapat dibuktikan dengan penanda molekuler.

Banyak anggota Myrtaceae yang telah mengalami perubahan akibat persilangan baik secara alami maupun akibat perilaku manusia. Salah satu contoh hasil persilangan adalah hibrida *Eucalyptus grandis* x *E. globulus*. Tanaman ini memiliki sifat-sifat kombinasi antara pertumbuhan yang cepat dan kualitas kayu yang baik. Sifat-sifat ini hanya dimiliki oleh anaknya. Penelitian terakhir oleh Kirst *et al.*, (2004) menunjukkan bahwa kini sedang dilakukan persilangan balik (*back cross*) antara (*E. grandis* x *E. globulus*) x *E. grandis*, sifat-sifat kayu yang dihasilkan masih belum dilaporkan.

Model spesiasi hibridisasi juga yang banyak terjadi pada *Syzygium*. Salah satu hal penting dalam evolusi tumbuhan adalah peran hibridisasi dalam spesiasi. Linnaeus dan Kerner adalah ilmuwan pertama yang menyatakan bahwa hibridisasi dapat menjadi suatu mekanisme bagi spesiasi tumbuhan. Tetapi mereka mengabaikan dua masalah penting dengan hipotesisnya yaitu: segregasi dan sterilitas. Masalah ini telah dicoba diatasi dengan mempelajari diskusi awal tentang spesiasi hibrida. Hipotesis Winge tentang allopoloidi (1917) adalah kontribusi besar pertama untuk memecahkan masalah ini. Dia menyatakan bahwa suatu jenis hibrida fertil dan konstan dapat diturunkan dengan menggandakan jumlah kromosom. Pada tahun 1930 Muntzing mengembangkan suatu model yang memungkinkan spesiasi rekombinasi tanpa poliploid. Berdasarkan gagasan Winge dan Muntzing, dua model spesiasi hibrida allopoloidi dan spesiasi rekombinasi, telah diterangkan dan dikonfirmasi dengan studi yang mendalam (Sim, 2002).

Bukti lain dari fenomena spesiasi akibat ulah tangan manusia adalah terciptanya jambu citra dari jambu air (*Syzygium aqueum* "citra") oleh Tirtawinata, yang dilepas dengan Surat Keputusan Menteri Pertanian sebagai kultivar unggul pada tanggal 1 Desember 1997, sekarang dikembangkan besar-besaran oleh pekebun di Thailand dan Taiwan. Sebelumnya, Taiwan sudah memiliki dua kultivar jambu air andalan ekspor, yakni mutiara hitam dan intan hitam. Jambu air ini juga dulu berasal dari Semarang (Kompas, 2003). Jadi spesiasi pada tanaman budidaya akibat intervensi manusia menghasilkan populasi kultivar baru yang dapat dibuktikan dengan cepat dan sangat nyata.

Spesiasi akibat isolasi geografis pada Myrtaceae lebih jarang terjadi karena masih sedikit penelitian yang membuktikan hal ini. Bukti yang paling mungkin bagi model ini adalah bila pengamatan dilakukan di tepi barat Benua Afrika dan tepi timur Benua Amerika Selatan. Karena kedua benua ini sampai sekarang menunjukkan adanya gerakan saling menjauh. Tetapi dengan sedikitnya penelitian tentang Myrtaceae di Afrika dan Amerika Selatan tersebut, data masih sangat sedikit. Tambahan lagi, Myrtaceae ini tersebar luas terutama di daerah tropis dan bagian temperata Australia, sedikit di Afrika, dan Laurasia temperata. Hal ini jelas kurang mendukung bukti adanya spesiasi geografis (Kenneth, *et al.*, 2000).

Spesiasi ekologis terjadi karena pengaruh lingkungan berupa tumbuhan yang muncul hanya dalam lingkungan yang beberapa ratus atau beberapa ribu tahun sebelumnya tidak ada (Isaak, 2005). Contoh yang jelas adalah apa yang terjadi di New Caledonia, tempat beberapa pionir beradaptasi dan hidup berkoloni di suatu daerah ultrabasik, keturunan dari tumbuhan ini meliputi juga *Callistemon* dan *Uromyrtus*. Selanjutnya selama proses deposisi dan perubahan iklim sehingga tanah

menjadi miskin dan asam akhirnya terbentuk tanah seperti sekarang ini. Selama kurun waktu ini tanah didominasi oleh Gymnospermae, Myrtaceae, Sapotaceae, dan Proteaceae (Mobot, 1995).

Kemungkinan besar lebih banyak lagi model spesiasi yang telah terjadi pada Myrtaceae seperti variasi molekuler dalam populasi, tetapi banyak di antaranya masih tersembunyi karena perubahan karakter yang terjadi bersifat resesif. Bila persilangan dengan populasi lain terus berlangsung dengan bebas, bukan tidak mungkin suatu saat sifat resesif ini akan nampak pada fenotipnya, yang pada akhirnya akan muncul jenis baru dengan sifat resesif ini.

Ada anggota Myrtaceae yang terbukti mengalami aktivitas evolusi yaitu anak suku Leptospermoideae (Myrtaceae dengan buah keras). Golongan ini memiliki jumlah jenis terbanyak, ada sekitar 70 genera di Australasia, Oceania dan Asia Timur (Australia, Thailand, Burma, dan Hawaii). Di Amerika Selatan (Chile) ada 1 jenis. Banyak anggota anak suku ini keluar dari hutan hujan, beberapa di antaranya banyak ditemukan di sepanjang daerah aliran sungai. Beberapa jenis telah berevolusi dan beradaptasi pada tanah kering. Selanjutnya disimpulkan bahwa Myrtaceae merupakan suku tumbuhan yang sangat tua dan telah mengalami diversifikasi sangat nyata. Indikasi adanya sejarah evolusinya dapat dilihat dari fakta bahwa fosil serbuk sari telah ditemukan di Antartica. Myrtaceae telah berevolusi dari bentuk-bentuk yang lebih primitif di tempat lembab, hutan hujan, menjadi bentuk-bentuk terspesialisasi untuk daerah sangat kering, dan semi kering (Wilson, 1999).

## PENUTUP

Spesiasi yang terjadi pada jambu-jambuan (Myrtaceae) dapat dibuktikan. Berdasarkan berbagai data yang terkumpul dapat disimpulkan bahwa kebanyakan spesiasi pada jambu-jambuan terjadi dengan cara hibridisasi. Walaupun spesiasi model lain banyak terjadi sejak dahulu sampai sekarang, namun kejadiannya lebih sulit diamati karena memakan waktu yang sangat lama dan perubahannya tidak mencolok. Sebaliknya hibridisasi dapat diamati dengan cepat dan mudah dengan hasil yang nyata, bahkan hasil yang ingin dicapai kadang-kadang dapat diatur oleh manusia. Terjadinya evolusi pada Myrtaceae pun dapat dibuktikan dengan ditemukannya serbuk sari fosil di Antartica. Jadi hampir semua model spesiasi pada Myrtaceae terbukti ada. Secara garis besar model spesiasi yang bermacam-macam tersebut dapat digolongkan menjadi dua yaitu spesiasi cepat yang meliputi hibridisasi dan spesiasi lambat yang terdiri dari spesiasi geografis, dan spesiasi ekologis.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada Prof. Dr. Mien A. Rifai M.Sc. yang telah memberikan pengarahan; Dra. Artini Pangastuti, M.Si. yang telah mereview dan memberikan saran demi perbaikan naskah ini; Dra. Erma Prihastanti, M.Si. dengan berbagai kritik dan sarannya sehingga tertulisnya artikel ini. Semoga beliau mendapatkan pahala yang banyak. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian penulisan naskah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Biffin, E. 2005. Sorting out The Confusion: Phylogenetics of Large Genera and The Lessons from Syzygium (Myrtaceae). Canberra: *CSIRO Plant Industry*.
- Coates, D.J. and R.J. Hnatiuk. 2005. Systematics and Evolutionary Inferences from Isozyme Studies in the Genus *Eremaea* (Myrtaceae). *Australian Systematic Botany*. *CSIRO* 3(1) 59- 74.
- Farabee, M.J. 2001. *The Modern View of Evolution*. Estrellamountain.
- Hale, W.G., J.P. Margham, and V.A. Saunders. 1995. *Collins Dictionary of Biology*. Harper Collins Publishers. Glasgow G4 0NB.
- Isaak, M. 2005. Index to Creationists Claims. Claim CB910. No New Species Have Been Observed. Talkorigins. <http://www.talkorigins.org/indexcc/CB/CB910.html>
- Kenneth J., M.L. Zjhra, M. Nepokroeff, C.J. Quinn, and P.G. Wilson. 2000. Phylogenetic Relationships, Morphological Evolution, and Biogeography in Myrtaceae Based On *ndhF* Sequence Analysis.. Madison: University of Wisconsin.
- Kirst, M., A.A. Myburg, J.P.G. De León, M.E. Kirst, J. Scott and R. Sederoff. 2004. Coordinated Genetik Regulation of Growth and Lignin Revealed by Quantitative Trait Locus Analysis of cDNA Microarray Data in an Interspecific Backcross of *Eucalyptus*. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina 27695. *Plant Physiology*, 135: p. 2368.
- Kompas. 2003. Mohamad Reza Tirtawinata Penemu Varietas Jambu Air Unggul. Kompas. Jakarta . P.T. Kompas Media Nusantara. Selasa, 09 September 2003.
- Lange, de P., B. Murray, T. Armstrong, and H. Toelken. 2002. Low levels of sequence variation accompany speciation in *Kunzea* (Myrtaceae). Leiden: *A 3-day international symposium from 13 to 15 November 2002 in Leiden*.
- McKinnon, E., D.A. Steane, B.M. Potts and R.E. Vaillancourt' 1999. Incongruence between chloroplast and species phylogenies in *Eucalyptus* subgenus *Monocalyptus* (Myrtaceae). Hobart: University of Tasmania. <http://www.amjbot.org/cgi/content/full/86/7/1038>
- Mobot. 1995. Diversity, Endemism, and Extinction in the Flora and Vegetation of New Caledonia. St. Louis. Missouri Botanical Garden. <http://www.mobot.org/MOBOT/Research/newcaledonia/role.shtml>
- Rosenzweig, M.L. 2001. Lost of Speciation Rate will Impoverish Future Diversity. Department of Ecology and Evolutionary Biology. University of Arizona. Tucson. AZ 85721. *PNAS*. 98: No. 10. p. 5494.
- Sim, S.C. 2002. Hybridization as a mode of speciation in plants. *Seminar Article*.
- Wilson, P. 1999. Evolution of the Myrtle Family in Australia. *Australian Plants Online*. Sydney. <http://farrer.riv.csu.edu.au/ASGAP/APOL13/mar99-1.html>