SABANA DI JAWA BALI LOMBOK SERTA KEKUNOAN SABANA BALURAN
(*Sabana in Java Bali Lombok and Ancient of Baluran Sabana*)

Sutomo^{1,2}, Eddie van Etten²

¹Kebun Raya Eka Karya Bali – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Candikuning, Baturiti, Bali, Indonesia.

²Centre of Ecosystem Management, School of Science, Edith Cowan University, Joondalup, Perth - WA Australia

INFO ARTIKEL	ABSTRACT
<p>Histori Artikel Diterima: 28 Januari 2019 Direvisi: 7 Februari 2019 Disetujui: 28 Juni 2019</p> <hr/> <p>Keywords: <i>Savanna, vegetation, Baluran, antiquity, fire</i></p> <hr/> <p>Kata kunci: <i>Sabana, vegetasi, Baluran, antiquity, api</i></p>	<p><i>Savanna is a type of ecosystem in the lowlands or highlands, where the community consists of several trees that are spread unevenly and the lower layers are dominated by grasses. Savanna is very common in very dry areas in Nusa Tenggara. However, in some places in Java, Savanna can also be found. The widest Savanna in Java is Savanna in Baluran National Park, East Java. Information about the occurrence and formation (composition of vegetation) of Savanna in Indonesia, especially in wet areas, such as Java, Bali and Lombok, is still very rare. This paper compares and distinguishes the characteristics of vegetation from four Savanna (Java - Bali - Lombok) in the 'wet' area 'which has a higher rainfall than the eastern region where savanna is more common in the Indonesian archipelago, to find out what the vegetation features are like can tell us about the origin, maintenance and age of this savanna. The results of this study indicate there are different gradients in elevation (along with related climatic factors such as temperature and rainfall) and fire regimes associated with floristic composition in Savanna Java, Bali and Lombok. Each Savanna is characterized by a variety of different woody and grass species, where Invasive Alien Species (IAS), such as <i>Acacia nilotica</i>, <i>Lantana camara</i> and <i>Chromolaena odorata</i>, are very important in distinguishing between Savanna and other savannas? The characteristics of the species from Savanna Baluran indicate that this ecosystem may be an old Savanna, while other Savanna may be newly formed and their existence is maintained by fire or fire.</i></p> <hr/> <p>ABSTRAK</p> <p>Sabana adalah tipe ekosistem di dataran rendah atau dataran tinggi yang komunitasnya terdiri atas beberapa pohon yang tersebar tidak merata dan lapisan bawahnya didominasi oleh suku rumput-rumputan. Sabana sangat umum dijumpai di wilayah yang sangat kering di Nusa Tenggara. Meskipun demikian, di beberapa tempat di Pulau Jawa juga dapat dijumpai sabana. Sabana terluas di Pulau Jawa adalah sabana di Taman Nasional Baluran, Jawa Timur. Informasi tentang bagaimana terjadinya serta formasi (komposisi vegetasi) sabana di Indonesia, terutama di daerah basah, seperti Jawa, Bali, dan Lombok, masih sangat jarang. Makalah ini membandingkan dan membedakan karakteristik vegetasi antara empat sabana daerah 'basah' di Jawa, Bali, dan Lombok yang memiliki curah hujan lebih tinggi dibanding sabana di kawasan timur Kepulauan Indonesia. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui fitur vegetasi yang memuat informasi tentang asal-usul, pemeliharaan (<i>maintenance</i>), dan usia sabana ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat gradien yang berbeda dalam hal elevasi (bersama dengan faktor iklim terkait, seperti suhu dan curah hujan) dan rezim api terkait dengan komposisi floristik di sabana Jawa, Bali, dan Lombok. Setiap sabana dicirikan oleh berbagai spesies berkayu dan rumput yang berbeda yang di dalamnya <i>Invasive Alien Species</i> (IAS), seperti <i>Acacia nilotica</i>, <i>Lantana camara</i>, dan <i>Chromolaena odorata</i>, menjadi jenis yang sangat penting untuk membedakan antara sabana dan sabana yang lain. Karakteristik spesies sabana Baluran menunjukkan bahwa ekosistem ini mungkin merupakan sabana tua, sedangkan sabana yang lain mungkin baru terbentuk dan keberadaannya tetap terpelihara oleh adanya api atau kebakaran.</p>

PENDAHULUAN

Sabana, bukan hutan, menurut laporan terbaru (Choi and Cerling, 2011) adalah “lahan bermainnya” leluhur atau nenek moyang manusia. Sebuah studi yang dilakukan Universitas Utah baru-baru ini menyimpulkan bahwa sabana adalah ekosistem utama selama evolusi nenek moyang manusia, simpanse, dan gorila di Afrika Timur (Choi and Cerling, 2011). Sebuah makalah dari Bird *et al.* (2005) menyimpulkan bahwa terdapat jejak-jejak keberadaan sabana di *Sundaland* (Indonesia dan Malaysia saat ini) di masa periode *interglacial* terakhir. Koridor sabana ini mungkin yang telah menyediakan rute yang nyaman bagi penyebaran manusia modern secara cepat melalui kawasan ini ke Australasia.

Sabana adalah ekosistem tropis yang didominasi rumput dan tumbuhan berkayu (pohon) dengan tingkat kepadatan jarang hingga agak rapat. Akan tetapi, di banyak wilayah di Indonesia, faktor iklim mendorong vegetasi seperti itu berkembang menjadi hutan. Sabana di Indonesia ditemukan di seluruh Nusantara pada berbagai iklim dan tanah (Monk *et al.* 2000; Whitten *et al.* 1996). Ekosistem sabana di Asia Tenggara telah lama dianggap sebagai *antropogenik* yang berasal dari hutan tropis yang dikelola melalui manipulasi manusia yang berkelanjutan, terutama pembersihan, penggembalaan, dan atau pembakaran (Ratnam *et al.* 2011; Solbrig *et al.* 1996; Stott 1990). Pandangan ini tentu telah banyak dilaporkan untuk sabana di Indonesia (Goltenboth *et al.* 2006; Whitten

et al. 1996). Namun, tinjauan terbaru oleh Ratnam *et al.* (2016) mempertanyakan asumsi ini.

Sabana di Indonesia yang terkenal dan telah banyak dipelajari oleh peneliti asing adalah sabana di pulau-pulau Nusa Tenggara Timur (NTT), di bagian timur terkering di Nusantara yang memiliki curah hujan musiman (rata-rata ± 600 mm per tahun), seperti Timor Barat, Sumba, dan Flores (Fisher *et al.* 2006; Monk *et al.* 2000; Russell-Smith and Edwards 2006; Tacconi and Ruchiat 2006). Dalam hal spesies kayu yang dominan, komposisi spesies sabana di NTT telah dipelajari dan dijelaskan oleh Auffenberg (1981). *Borassus flabelifer* (*Arecaceae* atau *Palmae*) mendominasi lapisan pohon sabana di Pulau Komodo, Pulau Rinca, dan pantai utara dan selatan Pulau Flores hingga ketinggian sekitar 400 m di atas permukaan laut (dpl). *Ziziphus mauritiana* ditemukan tumbuh di permukaan laut hingga 500 m di atas permukaan laut (dpl). Berdasarkan spesies pohon utamanya, jenis sabana lain yang umum ditemukan di bagian timur Indonesia, yaitu sabana *Eucalyptus* di Timor, dan sabana *Casuarina* di Sumba dan Timor (Goltenboth *et al.* 2006). Namun, informasi rinci tentang bagaimana terjadinya serta formasi (komposisi vegetasi) sabana di Indonesia, terutama di daerah basah, seperti Jawa, Bali, dan Lombok, masih langka. Whitten *et al.* (1996) menyebutkan keberadaan sabana di Baluran, Jawa Timur dan Bali Barat di Bali, namun mereka tidak membahas secara menyeluruh. Masih sedikit informasi

yang telah diketahui tentang komunitas tumbuhan sabana tropis di Asia Tenggara (Bond and Wilgen 1996; Furley 2004; Werner 1991). Bahkan, deskripsi dan studi tentang sabana di kepulauan Indonesia masih langka (Bond and Keeley 2005). Dalam tulisan ini, penulis membandingkan dan membedakan karakteristik vegetasi dari empat sabana, yaitu sabana Baluran, sabana Alas Purwo (Jawa), sabana Bali Barat (Bali), dan sabana Rinjani (Lombok). Sabana-sabana ini adalah sabana di daerah 'basah' yang memiliki curah hujan lebih tinggi dibandingkan dengan sabana di daerah 'kering' di kawasan timur Indonesia di mana sabana lebih umum dijumpai. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui fitur vegetasi yang mencakup tentang

asal-usul, pemeliharaan (*maintenance*), dan usia sabana.

METODE

Penelitian ini dilakukan di empat sabana Indonesia yang terdapat di Pulau Jawa, Lombok, dan Bali. Dua sabana terletak di Pulau Jawa, yaitu Taman Nasional Baluran dan Taman Nasional Alas Purwo di Jawa Timur, satu sabana terletak di Bali, yaitu Taman Nasional Bali Barat, dan satu sabana terletak di Lombok, yaitu Taman Nasional Rinjani (Gambar 1). Pemilihan empat lokasi ini didasarkan pada keterkenalan ekosistem sabana yang terdapat di wilayah ini, seperti dilaporkan dalam Whitten *et al.* (1996).

Gambar 1. Lokasi Sabana di beberapa Taman Nasional di Pulau Jawa, Bali, dan Lombok

Kondisi sabana yang meliputi manajemen api, rerata curah hujan, dan temperatur dapat dilihat pada tabel 1. Antara September sampai November 2014 (musim kering), dipilih sepuluh *sampling*

plot yang berukuran 50 x 50 m² secara acak dan di dalam tiap-tiap *sampling plot* didirikan 4 plot sehingga secara keseluruhan terdapat 40 plot. Tiap-tiap plot ini berjarak setidaknya 200 m. Di dalam tiap-

tiap petak berukuran 50 x 50 m² ini dibuat lagi petak kecil berukuran 5 x 5 m² secara acak. Di dalam plot 50 x 50 m² tersebut diidentifikasi, diukur, dan dicatat semua spesies pohon berdiameter ≥ 10 cm pada 1,3 m (dbh). Di dalam petak-petak yang lebih kecil tersebut diidentifikasi semua spesies *groundcover* (rumput, pakis, dan hutan) dan diperkirakan tutupannya (*coverage*). Identifikasi tumbuhan terutama dilakukan dengan menggunakan referensi dari *Hortus Botanicus Baliensis*, Kebun Raya Bali, dan

Flora Malesiana (floramalesiana.org), PROSEA (Sumber Daya Tanaman Asia Tenggara; proseanet.org), dan Bioportal di *Naturalis Biodiversity Centre*, Belanda (bioportal.naturalis.nl). Setiap pagi hari data lingkungan lokal di setiap plot dicatat. Data ini mencakupi PH tanah dan kelembaban, iklim mikro lokal (intensitas cahaya, suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, dan indeks tekanan panas), dan topografi (ketinggian dan lereng).

Tabel 1. Karakteristik Lingkungan (Manajemen Api, Rerata Curah Hujan, dan Temperatur) di Masing-Masing Sabana

Lokasi Sabana	Frekuensi api/ kebakaran (per decade)	Jangka Waktu Sejak Kebakaran Terakhir	Rata-Rata Curah Hujan (mm/year)	Rata-Rata Suhu Udara (°C)
Taman Nasional Alas Purwo	1	~ 10 tahun	1079 - 1554	26 – 29
Taman Nasional Rinjani	2	~ 6 tahun	2000	23 – 30
Taman Nasional Bali Barat	1	~ 10 tahun	972 - 1550	27 – 29
Taman Nasional Baluran	4	~ 4 tahun	900 -1600	27-37

Indeks Nilai Penting atau IVI (Kent, 2011) pada setiap spesies di setiap plot dihitung, kemudian dicari nilai rata-ratanya untuk memahami dominasi *floristik* dan komposisi komunitas tumbuhan di setiap sabana. Datautupan spesies digunakan untuk membangun matriks kemiripan berdasarkan kesamaan Bray-Curtis (Valessini, 2009). Diagram ordinas *Nonmetrik Multidimensional Scaling* (NMDS) kemudian dibuat berdasarkan matriks kemiripan ini. Perbedaan komposisi antar sabana kemudian diuji signifikansinya menggunakan *one-way ANOSIM* (*Analysis of Similarity*) (Clarke, 1993). Analisis *SIMPER* (*Similarity*

Percentage) kemudian digunakan untuk mengeksplorasi kontribusi relatif dari tiap-tiap spesies terhadap total ketidaksamaan di antara sabana. Analisis multivariat ini dilakukan dengan menggunakan PRIMER (versi 6.0., PRIMER-E Ltd., Plymouth, U.K.).

PEMBAHASAN

Dalam kajian ini penulis telah mencirikan komunitas tumbuhan sabana tropis di daerah basah Indonesia yang tersebar di tiga pulau utama, yaitu Jawa, Bali, dan Lombok. Uji Global Analisis Kesamaan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan mengenai

kemiripan spesies *Bray-Curtis* antara situs sabana satu dan situs sabana yang lain (Global R: 0,94; $P < 0,001$). Selain itu, terdapat juga pemisahan yang jelas antar situs sabana dalam ruang ordinasi (Gambar 2). Sabana Baluran memiliki

nilai rata-rata kesamaan terendah, yaitu 48,1% yang menunjukkan bahwa terdapat variasi terbesar dalam komposisi jenis dan komunitas tumbuhan di antara plot. Kondisi sebaliknya terjadi pada Alas Purwo (Gambar 2).

Gambar 2. Hasil dari Ordinasi NMDS (Transformasi Akar Kuadrat, Kemiripan Bray-Curtis) dari Data Vegetasi di Empat Sabana di Indonesia. Statistik ANOSIM Global ($R = 0,94$, $P < 0,001$). Rata-Rata Kesamaan dalam Sabana: Baluran = 48,1, Alas Purwo = 64,7, Bali Barat = 55,12, & Rinjani = 50,03

Penulis menemukan sebanyak 43 spesies tanaman di empat sabana, termasuk satu pakis, tujuh rumput atau tumbuhan mirip rumput, dan dua *forbs*. Setiap sabana memiliki karakteristik struktural dan spesies dominan yang membedakannya dengan sabana yang lain. Alas Purwo, misalnya, lapisan *groundcover* didominasi oleh rumput *Arundinella setosaa*, semak-semak kecil *Desmodium laxifolium* (*Fabaceae*), dan spesies asing invasif (IAS) *Chromolaena odorata* (*Asteraceae*), sedangkan lapisan pohon ditempati oleh *Flacourtia rukam* (*Salicaceae*). Rinjani, lapisan *groundcover* didominasi oleh rumput *Imperata cylindrica* dan pakis *Gleichenia microphylla*, sedangkan lapisan

pohon terutama terdiri atas *Engelhardia spicata* (*Juglandaceae*). Lapisan *groundcover* Bali Barat didominasi oleh keluarga *Poaceae* (*Calamagrostis australis*) dan lapisan pohon terutama terdiri atas *Borassus flabellifer* (*Arecaceae*). Baluran, lapisan *groundcover* ditandai oleh *Desmodium laxifolium* (*Fabaceae*), semak *Azadirachta indica* (*Meliaceae*), dan dua rumput *Polytrias indica*, serta *Dichanthium caricosum*, sedangkan lapisan pohon terutama terdiri atas spesies *Ziziphus mauritiana* (*Rhamnaceae*) dan IAS *Acacia nilotica* (*Fabaceae*). Kehadiran spesies asing invasif dapat ditemukan pada sebagian besar sabana. Kehadiran spesies asing invasif ini mempengaruhi struktur

dan komposisi mereka. Taman Nasional Bali Barat dan Taman Nasional Alas Purwo menghadapi spesies asing invasif yang berupa *Chromolaena odorata*, sementara Taman Nasional Baluran menghadapi spesies *Acacia nilotica* yang banyak dijumpai pada habitus semak dan anakan kecil sampai di lapisan pohon.

Sampai saat ini penelitian mengenai sejarah terbentuknya sabana di Indonesia yang telah dilakukan masih sedikit sekali (Monk *et al.* 2000). Berdasarkan asal-usulnya, sabana dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori (Ford, 2010; Murphy, 2008; Scheiter, 2008). Pertama, *Climatic savanna*, yaitu sabana yang terbentuk dari hasil kondisi iklim. Kedua, *Edaphic savanna*, yaitu sabana yang terbentuk karena perbedaan kondisi tanah. Ketiga, *Derived savanna*, yaitu sabana yang terbentuk secara tidak alami sebagai akibat *forest clearing* oleh manusia.

Beerling dan Osborne (2006) mengajukan hipotesis tentang asal-usul sabana dunia dan menyampaikan bahwa api mempercepat hilangnya hutan dan ekspansi padang rumput C_4 melalui beberapa putaran umpan balik positif yang mendorong kekeringan lebih lanjut dan lebih banyak kebakaran. Rekrutmen pohon juga dibatasi oleh lingkungan berkadar CO_2 rendah yang memungkinkan rumput C_4 berkembang pesat sehingga akan meningkatkan potensi terbakarnya suatu ekosistem. Siklus inilah yang mempromosikan dan mempertahankan sabana selama jutaan tahun (Beerling and Osborne, 2006). Hasil penelitian di Brazil, Afrika, dan Australia menunjukkan bahwa sabana, apapun sebab terbentuknya,

dipertahankan keberadaannya oleh kebakaran yang membatasi suksesi semak alami dan hutan (Adejuwon and Adesina, 1992; Archibald *et al.*, 2005; Banfai and Bowman, 2005; Cole, 1960; Monk *et al.*, 2000).

Pandangan terbaru Ratnam *et al.* (2016) mempertanyakan asumsi antropogenik sabana dengan menunjukkan kekunoan (*antiquity*) beberapa sabana Asia Tenggara. Menurut *Collin's dictionary*, antik di definisikan sebagai sesuatu yang sudah ada sejak lama (kuno) dan tetap bertahan hingga saat ini. Ratnam *et al.* (2016) menunjukkan beberapa bukti yang mengarah pada kekunoan beberapa sabana Asia Tenggara. Bukti ini berasal dari 1) sejarah fosil dan data *filogenetik* yang menunjukkan keberadaan spesies tumbuhan dan hewan sabana di wilayah Asia Tenggara jauh sebelum manusia ada; 2) dominasi spesies melalui adaptasi untuk menahan kebakaran berulang dan atau penggembalaan; dan 3) konsistensi iklim apabila dibandingkan dengan sabana dari benua lain, artinya pola iklim yang sama dijumpai pada tiap sabana di berbagai belahan bumi (*less rainfall, more fires*).

Dengan demikian, salah satu indikator kekunoan sabana dapat dilihat dari jenis pohon penyusunnya. Salah satu jenis pohon penciri suatu komunitas sabana tua di dunia adalah jenis *Fabaceae* (*Acacia* sp.), *Tamarindus indicus*, dan *Ziziphus mauritiana*. Salah satu temuan kunci dari penelitian ini adalah ditemukannya fakta bahwa dari keempat sabana yang diteliti, hanya sabana di Taman Nasional Baluran yang memiliki spesies pohon tipe khas sabana, yaitu *Ziziphus mauritiana*. Sabana

di Baluran juga menunjukkan adaptasi terhadap herbivora (tumbuhannya berduri untuk *survive* dari hewan herbivora) dan kekeringan (berdaun kecil, arsitektur terbuka). Hal ini dapat menjadi indikasi bahwa Baluran mungkin adalah sabana yang relatif tua (Sensu Ratnam et al., 2016). Bahkan, spesies invasif *Acacia nilotica* dan *Azadirachta indica* yang hadir di Baluran adalah spesies sabana yang khas (Dhileepan, 2009; Radford et al., 2001; Swaine et al., 1992). Bukti lain dari kekunoan sabana Baluran adalah dominasi rumput C_4 dengan struktur yang terbuka dan persistensi jenis rumput atau herba asli, serta keberadaan dari *ungulate* (hewan perumput atau berkuku genap) pribumi (misal, banteng jawa, *Bos javanicus*) yang telah lama ada di sabana Baluran.

Penulis juga mendapatkan gambaran dari hasil pengamatan di lapangan bahwa terdapat perbedaan karakter spesies ataupun lingkungan serta manajemen api

di antara keempat sabana yang kami teliti (Gambar 3). Api yang kurang terkendali dan berbagai spesies invasif yang datang menyebabkan keberadaan sabana di Taman Nasional Bali Barat dan Taman Nasional Alas Purwo berubah menjadi hutan sekunder atau semak belukar. Keberadaan spesies pelopor atau spesies tepi hutan dalam sabana di Taman Nasional Rinjani mengindikasikan kemungkinan terjadinya perubahan *successional* dari padang rumput menjadi hutan. Perubahan ini dapat berlangsung jika tidak terjadi kebakaran di masa-masa mendatang, meskipun peran tanah, topografi, dan iklim mikro dalam mempertahankan dominasi rumput juga perlu dieksplorasi lebih lanjut. Jika dibandingkan dengan kawasan lain yang diteliti, sabana di Taman Nasional Baluran memiliki karakteristik yang relatif tua dan persisten daripada yang diciptakan dan dipelihara melalui konversi hutan dan campur tangan manusia di masa lampau.

Gambar 3. Ringkasan Perbedaan Karakteristik Keempat Sabana

PENUTUP

Terdapat perbedaan komposisi floristik di sabana Jawa, Bali, dan Lombok. Setiap sabana dicirikan oleh berbagai spesies berkayu dan rumput yang berbeda yang di dalamnya *Invasive Alien Species* (IAS), seperti *Acacia nilotica*, *Lantana camara*, dan *Chromolaena odorata*,

menjadi jenis yang sangat penting untuk membedakan antara sabana yang satu dan sabana yang lain. Karakteristik spesies sabana Baluran menunjukkan bahwa ekosistem ini mungkin merupakan sabana tua, sedangkan sabana lainnya mungkin baru terbentuk dan keberadaannya tetap terpelihara oleh adanya api atau kebakaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Adejuwon J. O. & Adesina F. A. 1992. "The Nature and Dynamics of the Forest-Savanna Boundary in South-Western Nigeria." in J. O. Adejuwon and F. A. Adesina9 (Ed).1992. *Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries* . pp. 331-51. London: *Chapman and Hall*.
- Archibald S., Bond W., Stock W. & Fairbanks D. 2005. "Shaping the Landscape: Fire-Grazer Interactions in an African Savanna". *Ecological Applications* 15, 96-109.
- Auffenberg W. 1981. *The Behavioral Ecology of the Komodo Monitor*. Florida: *University Press of Florida*.
- Banfai D. S. & Bowman D. M. 2005. "Dynamics of a Savanna-Forest Mosaic in the Australian Monsoon Tropics Inferred from Stand Structures and Historical Aerial Photography". *Australian Journal of Botany* 53, 185-94.
- Beerling D. J. & Osborne C. P. 2006. "The Origin of the Savanna Biome". *Global Change Biology* 12, 2023-31.
- Bird M. I., Taylor D. & Hunt C. 2005. "Palaeoenvironments of Insular Southeast Asia during the Last Glacial Period: a Savanna Corridor in Sundaland?" *Quaternary Science Reviews* 24, 2228-42.
- Bond W. J. & Keeley J. E. 2005. "Fire as a Global 'Herbivore': the Ecology and Evolution of Flammable Ecosystems". *Trends in Ecology & Evolution* 20, 387-94.
- Bond W. J. & Wilgen B. W. v. 1996. *Fire and Plants*. London: *Chapman & Hall*.
- Choi C. Q. & Cerling T. 2011. *Savanna, Not Forest, Was Human Ancestors' Proving Ground*. Utah: *Live Science*.
- Clarke K. R. 1993. "Non-Parametric Multivariate Analyses of Changes in Community Structure". *Australian Journal of Ecology* 18, 117-43.
- Cole M. M. 1960. "Cerrado, Caatinga and Pantanal: The Distribution and Origin of the Savanna Vegetation of Brazil". *The Geographical Journal* 126, 168-79.
- Dhileepan K. 2009. "*Acacia Nilotica* ssp. *Indica* (L.) Willd. ex Del.(Mimosaceae)". in R. Muniappan, G. Reddy and R. A. (Ed). 2009. *Biological Control of Tropical Weeds Using Arthropods*. pp. 17-37. Cambridge: *Cambridge University Press*.
- Fisher R., Bobanuba W. E., Rawambaku A., Hill G. J. & Russell-Smith J. 2006 "Remote Sensing of Fire Regimes in Semi-Arid Nusa Tenggara Timur, Eastern Indonesia: Current Patterns, Future Prospects". *International Journal of Wildland Fire* 15, 307-17.

- Ford P. L. 2010. "Grasslands and Savannas". in Squires, V. R. (Ed). 2010. *Encyclopedia of Life Support Systems*. Singapore: EOLSS Publisher.
- Furley P. 2004 "Tropical Savannas Progress" in *Physical Geography* 28, 581–98.
- Goldenberg F., Timotius K. H., Milan P. P. & Margraf J. 2006. *Ecology of Insular South East Asia: the Indonesian Archipelago*. Amsterdam: Elsevier.
- Kent M. 2011 *Vegetation Description and Data Analysis: a Practical Approach*. John Wiley & Sons.
- Monk K. A., De Fretes Y., Reksodihardjo-Lilley & Gayatri. 2000. *Ekologi Nusa Tenggara dan Maluku*. Jakarta: Prenhallindo.
- Murphy M. S. 2008. "Edaphic Controls Over Succession in Former Oak Savanna, Willamette Valley, Oregon". in *Environmental Studies Program* p. 99. Oregon: University of Oregon.
- Radford I. J., Nicholas M. D. & Brown J. R. 2001. "Impact of Prescribed Burning on *Acacia Nilotica* Seed Banks and Seedlings in the *Astrebla* Grasslands of Northern Australia". *Journal of Arid Environments* 49, 795–807.
- Ratnam J., Bond W. J., Fensham R. J., Hoffmann W. A., Archibald S., Lehmann C. E., Anderson M. T., Higgins S. I. & Sankaran M. 2011. "When is a 'Forest' a Savanna, and Why Does It Matter?" *Global Ecology and Biogeography* 20, 653-60.
- Ratnam J., Tomlinson K. W., Rasquinha D. N. & Sankaran M. (2016) Savannas of Asia: antiquity, biogeography, and an uncertain future. *Phil. Trans. R. Soc. B* 371, 20150305.
- Russell-Smith J. & Edwards A. C. (2006) Seasonality and fire severity in savanna landscapes of monsoonal northern Australia. *International Journal of Wildland Fire* 15, 541-50.
- Scheiter S. 2008. "Grass-Tree Interactions and the Ecology of African Savannas Under Current and Future Climates". in *Lehrstuhl für Vegetationsökologie* p. 205. TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN, Muenchen.
- Solbrig O. T., Medina E. & Silva J. 1996. "Biodiversity and Tropical Savanna Properties: a Global View". in *Scope-Scientific Committee on Problems of the Environment International Council of Scientific Unions* 55, 185-211.
- Stott P. 1990. "Stability and Stress in the Savanna Forests of South-East Asia". *Journal of Biogeography* 17, 373-83.
- Swaine M. D., Hawthorne W. D. & Ogle T. K. 1992. "The Effects of Fire Exclusion on Savanna Vegetation at Kpong, Ghana". *BIOTROPICA*, 166-72.
- Tacconi L. & Ruchiat Y. 2006. "Livelihoods, Fire, and Policy in Eastern Indonesia". *Singapore Journal of Tropical Geography* 27, 67-81.
- Valessini F. 2009. *NBIO528 Multivariate Techniques and Community Ecology: Course Handout*. Perth: Centre for Fish and Fisheries Research Murdoch University.
- Werner P. A. 1991. *Savanna Ecology and Management: Australian Perspective and Intercontinental Comparisons*. London: Blackwell Scientific Publication.
- Whitten T., Soeriaatmadja R. E. & Afiff S. A. 1996. *The Ecology of Indonesia Series Volume II: The Ecology of Java and Bali*. Hongkong: Periplus.