

2016

Asal Usul Formasi Savana: Tinjauan dari Nusa Tenggara Timur dan Hasil Penelitian di Baluran Jawa Timur [Origin of savanna formation: Literature review from East Nusa Tenggara and research results from Baluran East Java Indonesia]

Sutomo
Edith Cowan University

Follow this and additional works at: <https://ro.ecu.edu.au/ecuworkspost2013>

 Part of the [Ecology and Evolutionary Biology Commons](#), and the [Environmental Sciences Commons](#)

Fulltext Available only in Indonesian.

Sutomo. (2016) Asal Usul Formasi Savana: Tinjauan dari Nusa Tenggara Timur dan Hasil Penelitian di Baluran Jawa Timur [Origin of savanna formation: Literature review from East Nusa Tenggara and research results from Baluran East Java Indonesia]. In: *Seminar Nasional Biodiversitas Nusa Tenggara* [National seminar on biodiversity of Nusa Tenggara] (eds G. Jurumana, M. R. Kaho, A. S. Raharjo, H. Kurniawan and M. Hidayatullah) pp. 246-265. Balai Penelitian Kehutanan Kupang, Kupang Nusa Tenggara Timur [Kupang Forestry Research Institute, Kupang East Nusa Tenggara Indonesia].

Conference website Available [here](#).

This Conference Proceeding is posted at Research Online.

<https://ro.ecu.edu.au/ecuworkspost2013/3558>

Asal Usul Formasi Savana : Tinjauan Pustaka dari Savana di Nusa Tenggara Timur dan Hasil Penelitian di Savana Baluran Jawa Timur

Sutomo

Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bali – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Candikuning, baturiti, Tabanan, Bali 82191

Email: sutomo.uwa@gmail.com

ABSTRAK

Savana adalah tipe ekosistem di dataran rendah, atau dataran tinggi, dimana komunitasnya terdiri dari beberapa pohon yang tersebar tidak merata dan lapisan bawahnya didominasi oleh suku rumput-rumputan. Formasi ini sangat umum dijumpai di wilayah yang sangat kering di Nusa Tenggara. Meskipun demikian di beberapa tempat di Pulau Jawa juga dapat dijumpai savana. Savana terluas di Pulau Jawa adalah savana di Taman Nasional Baluran, Jawa Timur. Hingga saat ini masih ada perbedaan pendapat mengenai asal-usul formasi savana ini. Apakah merupakan formasi alami, atukah turunan dari hutan monsun. Menggunakan literatur dari savana di Nusa Tenggara Timur (NTT) dan juga penelitian lapangan di savana Baluran Jawa Timur, paper ini mengangkat tema asal-usul savana di Taman Nasional Baluran. Metode yang digunakan adalah analisis vegetasi dengan menggunakan teknik multivariate serta juga menggunakan teknik remote sensing untuk pemetaan distribusi titik api di Baluran dan di Pulau Sumba, NTT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa savana di Taman Nasional Baluran berasal dari hutan monsun yang kerap terbakar dengan intensitas yang tinggi di masa lampau. Kesimpulan ini didapatkan berdasarkan tiga point dari penelitian ini yaitu: (1) adanya daerah batas yang jelas antara hutan dan savana yang tidak ada hubungannya dengan perubahan faktor edafik, (2) adanya pola kebakaran di masa lampau yang memang banyak terjadi di areal hutan monsun dan savana dan (3) adanya perubahan komposisi jenis dan struktur pada savana jika unsur api diminimalisir. Untuk wilayah Nusa Tenggara Timur pendapat dominan pun meyakini bahwa savana berasal dari hutan monsun yang kerap terbakar/dibakar untuk pembukaan lahan dan aktivitas manusia lainnya.

Kata kunci: Origin, formasi, savana, suksesi, api, komunitas tumbuhan, analisis multivariate

ABSTRACT

Savannas are ecosystems mostly confined to tropical and subtropical regions that are characterized by a continuous cover of C₄ grasses that have different characteristics based on seasonality and where woody plants are also an important feature, but with sparse cover and no closed canopy. This is common formation in the driest part of Indonesia such as East Nusa Tenggara (NTT), however savana can also be found in Java Island: Baluran Savanna in East Java. There has been considerable amount of debat among scientists, botanists in Indonesia regarding the origin of Indonesian savanna. Using literature study and also field observation at Baluran National Park, combined with remote sensing technique and multivariate data analysis, this research concluded that savanna in Baluran National Park is originated from the monsoon forest/dry forest surrounding the area. This is drawn based on three findings: the existence of distinct borders or boundaries between savannas and adjacent forests that have no correlation with changes in soil types. The occurrence of forest tree species in savannas and the swift regrowth of shrubs and trees species when fire and grazing is excluded is contributing to this assumption. Lastly is history or records of intentional burning and/or natural fires that also strengthen this hypothesis.

Keywords: Savanna origin, succession, fire, plant community, multivariate analysis

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki keanekaragaman ekosistem yang menarik dan tidak kalah dengan yang lainnya. Salah satu tipe ekosistem yang patut dibanggakan adalah ekosistem savana. Savana adalah tipe ekosistem di dataran rendah, atau dataran tinggi, dimana komunitasnya terdiri dari beberapa pohon yang tersebar tidak merata dan lapisan bawahnya didominasi oleh suku rumput-rumputan (Ford, 2010). Savanna adalah vegetasi padang rumput yang ditumbuhi pohon atau sekelompok pohon yang terpencar-pencar.

Savana memiliki peran penting dalam kehidupan. Beberapa daerah savana merupakan landscape dominan yang berperan penting dalam kehidupan sehari-hari, dalam hal subsisten, budaya, serta sebagai habitat satwa termasuk mamalia besar seperti banteng, gajah, jerapah, dan herbivora lainnya. Dengan demikian savana memiliki peran sebagai pool biodiversity. Savana dinamai berdasarkan jenis pohon yang mendominasinya (Monk et al., 2000). Misalnya ada savana pilang (*Leucaena leucocephala*), savana lontar (*Borassus flabellifer*), dan sebagainya. Savana di Indonesia terdapat di beberapa daerah.

Formasi savana ini sangat umum dijumpai di wilayah yang sangat kering di Nusa Tenggara dan Maluku. Meskipun demikian di beberapa tempat di Pulau Jawa juga dapat dijumpai savana. Yang paling terkenal dan cukup banyak diulas mengenai savana di Pulau Jawa adalah savana di Taman Nasional Baluran di Jawa Timur. Savana di Baluran juga dikenal sebagai "Africa van Java" atau secuil Afrika di Pulau Jawa. Selain di Baluran, Savana juga terdapat di Kawasan Taman Nasional Bali Barat, Kawasan Taman Nasional Gunung Rinjani, serta yang paling luas adalah di Provinsi NTT, seperti di Pulau Sumba (Tabel 1).

Di kawasan Taman Nasional Bali Barat, terdapat savana Pilang dan Savana Lontar. Savana pilang dengan pohon *Leucaena* nya diketahui merupakan tempat yang disukai oleh Jalak Bali, Burung endemik Pulau Bali, Indonesia yang merupakan burung kategori Critically Endangered dalam red list IUCN. Namun kini sebagian besar savana di kawasan ini mulai terinvansi oleh jenis asing invasif seperti *Lantana camara* dan *Chromolaena odorata* (te Beest et al., 2012).

Tabel 1. Distribusi dan luasan savana di Nusa Tenggara

Pulau	% luas savana dari luas pulau
Lombok	1.15
Sumbawa	5.60
Komodo, Flores, Lomblen and Alor	4.99
Sumba	22.77
Timor Barat, Semau and Roti	13.3
Timor Timur	16.15
Laut Banda Islands	9.72

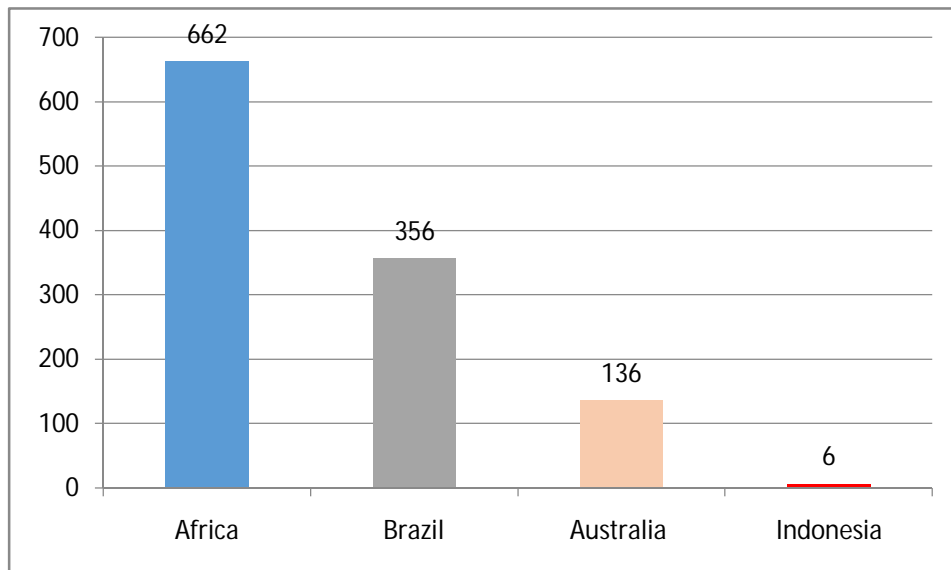
Selain infestasi oleh *exotic species*, savana juga kerap mengalami kebakaran. Kebakaran di lahan savana ini terjadi baik karena gangguan alami maupun oleh aktivitas manusia. Masih banyak pro dan kontra mengenai kebakaran dan pembakaran lahan baik hutan maupun padang savana di dalam kawasan konservasi. Kebakaran hutan telah banyak dipelajari dan menarik banyak *interest* sedangkan kebakaran lahan savana masih sangat kurang diketahui. Kebakaran hutan merupakan salah satu bentuk gangguan terhadap hutan yang paling sering terjaditerutama pada musim kemarau. Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor : P.12/Menhut-II/2009 tentang Pengendalian Kebakaran Hutan, pengertian kebakaran hutan adalah suatu keadaan dimana hutan dilanda api sehingga mengakibatkan kerusakan hutan dan atau hasil hutan yang menimbulkan kerugian ekonomis dan atau nilai lingkungan. Di bagian timur Propinsi Jawa Timur terdapat beberapa hutan yang setiap tahunnya rentan terhadap gangguan kebakaran hutan. Beberapa diantaranya adalah Taman Nasional (TN) Baluran yang terdapat di Kabupaten Situbondo yang berbatasan dengan Kabupaten Banyuwangi dan Taman Nasional Alas Purwo yang terdapat di Kabupaten Banyuwangi. Kebakaran pada kawasan – kawasan di atas biasanya terjadi terutama pada bulan musim kemarau yang sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia (Artha, 2011).

Hingga saat ini masih ada perbedaan pendapat mengenai asal – usul formasi savana ini. Apakah ini merupakan formasi alami, atautkah merupakan turunan dari hutan monsun. Kemudian apakah savana merupakan komunitas klimas atau merupakan formasi peralihan antara hutan dan padang rumput. Sedikit sekali penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh berbagai gangguan terhadap hutan, hubungan antara intensitas kebakaran dan komunitas savana, atau potensi perkembangan menjadi savana jika berbagai gangguan yang ada dapat dihilangkan (Monk et al., 2000). Penelitian mengenai asal usul savana sangat diperlukan karena savana tidak dapat dikelola tanpa pemahaman mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi asal-usulnya dan faktor yang mempertahankan kondisinya sekarang (Monk et al., 2000).

Penelitian dan publikasi internasional mengenai formasi savana di Indonesia pun masih sangat rendah bila dibandingkan dengan negara-negara lain yang juga memiliki formasi savanna seperti di Brazil, Afrika dan Australia (Gambar 1). Hasil pencarian di Library One search saja (database milik Edith Cowan University) mengkonfirmasi mengenai hal ini. Hal yang sama juga akan mungkin didapatkan jika kita lakukan pencarian di beberapa database journal lainnya.

Oleh karena itu, paper ini akan mengangkat topik mengenai *the origin of savana* di Indonesia berdasarkan catatan-catatan sejarah, literature sekunder mengenai savana di Nusa Tenggara serta memadukannya dengan hasil dari penelitian penulis di salah satu savana terbesar di Pulau Jawa yang terletak di kawasan Taman Nasional Baluran. Hipotesa yang dicoba untuk diuji disini adalah argumen bahwa savana berasal dari hutan monsun yang sering terbakar. Hasil akhir yang diharapkan dari paper ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap penambahan bukti empiris

dari salah satu teori dari sekian banyak landasan teori-teori yang mencoba menjelaskan mengenai asal-usul formasi savana di Indonesia.



Gambar 1. Grafik perbandingan hasil publikasi internasional sejak tahun 2000 – 2013 mengenai subjek savana dari hasil pencarian di Library One Edith Cowan University.

METODE

Tinjauan pustaka dan data sekunder di fokuskan ke savana di wilayah Nusa Tenggara dan savana di Pulau Jawa dengan literatur yang dikumpulkan baik online maupun cetak (Sumardja and Kartawinata, 1977, Suhadi, 2012, Djufri, 2013, Fisher et al., 2006a, Martono, 2012, Monk et al., 2000, Russel-Smith et al., 2006, Djufri, 2012, Sabarno, 2002, Rosleine and Suzuki, 2013, van Steenis, 1972, Whitten et al., 1996, Barata, 2000, Djufri, 2002, Djufri, 2004, Setiabudi et al., 2013, Sutomo, 2014, Sutomo et al., 2015). Patokan utama untuk kawasan Nusa Tenggara berasal dari buku oleh Monk dkk (2000) yang berjudul “Ekologi Nusa Tenggara dan Maluku”.

Data primer diambil dari savana di kawasan Taman Nasional baluran di Situbondo Jawa Timur pada tahun 2014 dan 2015. TN Baluran terletak di Kecamatan Banyuputih, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. Taman Nasional Baluran dengan luas 25.000 Ha wilayah daratan terletak di antara 114° 18' - 114° 27' Bujur Timur dan 7° 45' - 7° 57' Lintang Selatan. Iklimnya bertipe Monsoon yang dipengaruhi oleh angin Timur yang kering. Curah hujan berkisar antara 900 - 1600 mm/tahun, dengan bulan kering per tahun rata-rata 9 bulan. Kawasan konservasi sumber daya alam tersebut pada mulanya dikenal sebagai suaka margasatwa, kemudian ditetapkan secara definitif sebagai taman nasional berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan No: 096/Kpts-II/1984 tanggal 12 Mei 1984. Menurut Schmidt dan Ferguson, Taman Nasional Baluran termasuk dalam kelas curah hujan tipe G. Jadi termasuk dalam daerah sangat kering dengan bulan kering lebih dari

enam bulan kering (Tabel 2). Pada bagian tengah dari kawasan Baluran ini terdapat Gunung Baluran yang sudah tidak aktif lagi.

Tabel 2. Data Curah Hujan per Bulan dalam lima tahun di Baluran.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	224	227	193	65	0	0	0	0	0	0	0	709
2007	8	160	353	85	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	149	597	38	38	0	0	0	0	0	0	35	227
2009	55	36	61	46	127	0	0	0	0	0	6	41

Ekosistem savana TN Baluran sendiri, secara topografi dibedakan menjadi savana datar (*flat savanna*) dengan tanah endapan (aluvial) dan savana datar sampai bergelombang (*undulating savanna*) dengan tanah berwarna hitam dan berbatu (Sabarno, 2002). Sebelum invasi *Acacia nilotica* luas savana datar kira-kira 1.500-2.000 ha di bagian tenggara, yaitu savana Bekol, Semiang dan sekitarnya. Di bagian lain, savana datar sampai bergelombang mencakup daerah seluas kira-kira 8000 ha, yaitu; savana Balanan, Kramat, Talpat, Labuhan Merak, Air Tawar, Karangtekok dan sekitarnya. Savana Baluran mempunyai jenis tanah aluvial yang kadar liatnya tinggi, sifat fisik tanah sangat porous, tidak mampu menyimpan air, mempunyai kembang susut tinggi dan merekah pada musim kemarau (Sabarno, 2002).

Kegiatan pengumpulan data primer dilakukan di tiga kawasan savana yang relatif lama tidak dibakar/terbakar kurang lebih 5 tahun serta di tiga kawasan hutan monsun yang juga relatif lama terbakar/dibakar juga selama kurang lebih 5 tahun. Plot berukuran 50 x 50 m dibuat untuk menginventarisasi jenis pohon serta tumbuhan bawah. Jumlah total plot yang dibuat adalah sebanyak 30 plot pengamatan. Diagram profil vegetasi juga dibuat pada daerah perbatasan (*border site*) antara hutan dan savana. Data kemudian diinput ke dalam excel kemudian data pohon di semua lokasi pengamatan diimport ke dalam software PRIMER (Clarke and Gorley, 2005) untuk kemudian dilakukan transformasi data ke *presence/absence*. Data kemudian dianalisis menggunakan teknik multivariate nonmetric multidimensional scaling ordination (NMDS) dan *cluster analysis* (Clarke, 1993) serta SIMPER (*similarity percentage*) dengan terlebih dahulu membangun matriks kemiripan menggunakan indeks Bray-Curtis. Data tanah diambil dengan sampel beberapa bagian dari savana diantaranya adalah : (1) *Burned site*, pada savana yang terbakar, (2) *Border site* yaitu daerah perbatasan antara hutan monsun dan savana serta (3) *grazed site* yaitu savana yang intensif di grazing oleh hewan mamalia. Untuk mengetahui pola sebaran kebakaran di lokasi studi, dilakukan studi *remote sensing*. Data sebaran hotspots dari tahun 2000 – 2012 didapatkan dengan mendownload dari citra MODIS. Data ini kemudian di overlaykan dengan peta klasifikasi lahan/*land use* di Taman Nasional Baluran untuk mendapatkan informasi mengenai

lokasi-lokasi apa saja yang terbakar pada rentang waktu tersebut. Analisis ini menggunakan software ARC-GIS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Di banyak daerah kering musiman di Nusa Tenggara Timur, vegetasi dominan adalah savana atau padang rumput. Apakah vegetasi ini merupakan formasi sekunder, hutan monsun asli yang terbakar berulang kali, atau ditebang dan terbakar, atau alami, sampai sekarang masih diperdebatkan. Sedikit sekali penelitian yang telah dilakukan mengenai sejarah terbentuknya savana di Indonesia (Monk et al., 2000). Hasil penelitian di Brazil, Afrika dan Australia menunjukkan bahwa savana, apapun sebab terbentuknya, dipertahankan oleh kebakaran, yang membatasi suksesi semak alami dan hutan (Monk et al., 2000, Adejuwon and Adesina, 1992, Archibald et al., 2005, Banfai and Bowman, 2005, Cole, 1960). Saat ini para peneliti savana mengenali tiga kategori mengenai asal usul savana (Scheiter, 2008, Murphy, 2008, Ford, 2010). Pertama adalah *Climatic savanna* yaitu adalah istilah yang digunakan untuk menyebut savana yang terbentuk karena hasil dari kondisi iklim. Kedua adalah *Edaphic savanna*, yaitu savana yang penyebab utama terbentuknya adalah karena perbedaan kondisi tanah. Yang ketiga adalah *Derived savanna* adalah savana yang terbentuk secara tidak alami karena akibat forest clearing oleh manusia. Untuk kepentingan makalah ini, kita membagi menjadi dua saja yaitu savana alami dan savana yang terbentuk tidak secara alami namun karena faktor *anthropogenic* baik akibat pembakaran/kebakaran, penggembalaan atau sebab dari aktivitas manusia lainnya.

Ada pendapat yang mengemukakan mengenai asal usul savana adalah dari hutan monsun yang kerap terbakar. Monk (2000) di dalam bukunya Ekologi Nusa Tenggara dan Maluku memberikan catatan sejarah mengenai hal ini khususnya yang diamati oleh beberapa penjelajah botani di masa lalu. Menurut catatan van Steenis di dalam buku karya Monk tersebut, pakar botani berkebangsaan Swiss, Otto Jaag yang mengumpulkan spesimen tumbuhan di NT pada tahun 1938 melihat sisa hutan monsun di padang rumput dan savana Eucalyptus di Alor dan Wetar. Kemudian sekitar tahun 1699 seorang penjelajah asal Inggris William Dampier melihat bahwa “di Timor gunung-gunungnya ditumbuhi oleh hutan monsun dan savana yang terpencar”. Berikutnya pada tahun 1829 seorang ilmuwan asal Jerman bernama Salomon Miller melihat hutan monsun yang sangat rapat di Amarasi, Timor Barat. Namun sejak menjelang tahun 1930-an, hutan ini sudah berubah menjadi padang rumput dan savana hingga kini. Masyarakat di kawasan tersebut melakukan pembakaran dan perladangan berpindah secara ekstensif. Van Steenis mencatat munculnya padang rumput yang lebih didominasi oleh alang-alang (*Imperata cylindrica*) di daerah pegunungan atau di bekas hutan di dataran tinggi di Jawa seperti misalnya di Gunung Panderman di atas Pujon di tahun 1940, dan di Gunung Gilap di dataran tinggi Gunung Iyang di tahun 1902

adalah hasil dari kebakaran hutan dan semak (van Steenis, 1972). Di bagian lain di Pulau Jawa yaitu di Cagar Alam (CA) Pangandaran yang terletak di Jawa Barat, Rosleine dan Suzuki (Rosleine and Suzuki, 2013) mencatat adanya suksesi atau perubahan padang rumput dan savana untuk penggembalaan di CA Pangandaran yang lama ditinggalkan selama kurang lebih 55 dan 35 tahun kini menjadi hutan sekunder dengan dominasi pohon jenis *Buchanania*, *Diospyros*, dan *Psychotria*. Sedangkan kawasan yang tetap aktif dikelola baik dengan pembakaran maupun pemangkasan rutin kini tetap menjadi savana dan padang rumput. Bahkan kegiatan dan proses pembukaan lahan melalui pembakaran untuk kegiatan perburuan dan penggembalaan dapat kita telusuri sudah ada sejak dari jaman prasejarah (Monk et al., 2000).

Di sisi lain ada pula pandangan yang menyatakan bahwa savana terbentuk secara alami karena pengaruh faktor-faktor pembatas seperti iklim dan kondisi tanah yang membatasi pertumbuhan tanaman. Di dalam bukunya Monk menjelaskan bahwa ada beberapa tipe savana di Nusa Tenggara dan Maluku yang dinamakan berdasarkan jenis pohon dominannya seperti yang telah diklasifikasikan oleh Auffenberg (1981). Auffenberg mengenali dua jenis savana yaitu savanna *Borassus flabellifer* dan savana *Ziziphus mauritiana*. Savana *Borassus flabellifer* tumbuh dari permukaan laut sampai ketinggian 400 m dpl di Pulau Komodo, Rinca dan pesisir utara dan selatan Flores yang tanahnya berbatu kalsitik dan dasitik. Sedangkan savana *Ziziphus mauritiana* yang juga ditumbuhi oleh asam jawa yang terpencah tumbuh pada ketinggian 0 -500 mdpl pada tanah lempung berpasir, tanah aluvial dan tanah yang kadang-kadang tergenang air (Monk et al., 2000). Di lokasi-lokasi tertentu menurut Monk, beberapa peneliti dan eksplorasi terdahulu seperti Samways, Auffenberg, van Bolgooy dan van Steenis pernah mencatat beberapa fenomena yang mungkin dapat mendukung pendapat ke-dua ini. Di lokasi-lokasi tertentu di Pulau Sumba, Komodo dan Rinca serta Pulau Trangan di Kep. Aru, para eksplorasi dan peneliti ini mengamati bahwa lapisan perdu di atas savana sangat kompleks. Kenyataan ini menyebabkan beberapa botaniawan meyakini bahwa savana tersebut adalah formasi vegetasi alami yang dipengaruhi oleh faktor-faktor pembatas berupa iklim dan kondisi tanah dan bahwa pembakaran yang dilakukan oleh manusia tidak terlalu mempengaruhi pembentukan savana ini.

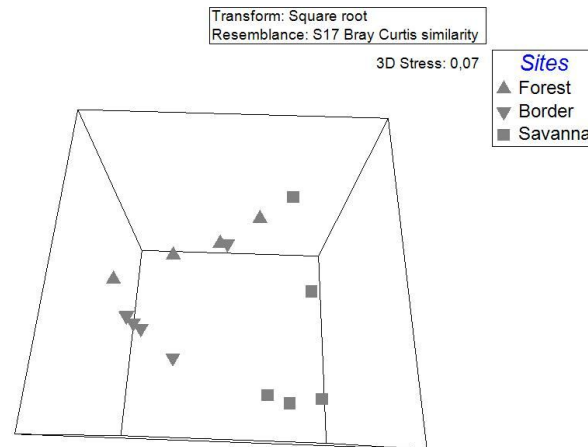
Dari hasil penelitian penulis di savana dan hutan monsun kawasan Taman Nasional Baluran, dapat penulis ajukan argumen bahwa savana di daerah ini memang awalnya adalah hutan monsun. Beberapa faktor yang saling *interplay* sehingga menyebabkan perubahan formasi dari hutan monsun ke savana diantaranya yang paling penting adalah Iklim, Api dan *Grazing* (Perumputan oleh mamalia besar). Beberapa bukti yang mendukung hipotesa ini adalah diantaranya (1) terdapat daerah perbatasan yang jelas antara hutan dan savana yang tidak ada korelasinya dengan perubahan faktor edafik terutama jenis tanah, (2) perubahan komposisi jenis pohon di savana yang hampir menyerupai di hutan monsun jika api dan *grazing* dihilangkan dari sistem

pengelolaan dan (3) Pola distribusi hotspots yang mencerminkan kebakaran (pembakaran?) berulang yang terjadi lebih dominan pada kawasan hutan monsun dan savana. Pada bagian berikut akan dijelaskan lebih detail mengenai hasil temuan penelitian tersebut yang mengarah pada argumen di atas.

Secara formasi vegetasi hutan dan savana memiliki karakteristik vegetasi yang tentunya berbeda. Perbedaan dalam hal komposisi jenis ini dapat terjadi secara gradual sehingga menyebabkan adanya daerah batas atau *boundaries* antara hutan dan savana. Selain itu kondisi iklim juga akan berbeda antara hutan dan savana. Di dalam penelitiannya di daerah perbatasan antara hutan dan savana di Brazil, Hoffman (Hoffman et al., 2010) mencatat bahwa savana memiliki nilai kecepatan angin (*wind speed*), suhu udara dan muatan bahan bakar (*fuel loads*) yang lebih tinggi dibandingkan dengan hutan. Hasil yang sama juga penulis peroleh di Baluran. Kemudian secara visual memang terdapat perbedaan yang jelas antara hutan dan savana seperti terlihat pada gambar diagram profile (Gambar 2). Untuk lebih jauh menganalisis mengenai perbedaan komposisi vegetasi antara hutan dan savana dan adanya daerah batas, hasil analisis ordinasasi NMDS (Gambar 3) memperlihatkan pola bahwa titik-titik ordinasasi antara hutan (*forest*) batas (*border*) dan savana memang terletak tidak saling tumpang tindih. Ada semacam pemisahan dan gradasi antara titik-titik ordinasasi tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa memang secara komposisi vegetasi antara hutan, batas dan savana memang berbeda-beda (*distinct*). Selanjutnya dari hasil analisis tanah di kawasan ini (Tabel 3) dapat dilihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang berarti dalam hal faktor edafik. Baik hutan maupun savana memiliki jenis tanah alluvial yang sama. Kemudian kedua kawasan ini juga sama-sama memiliki nilai pH, Bahan Organik, Nitrogen serta Kalium/potassium yang masuk dalam kategori yang sama.



Gambar 2. Daerah perbatasan yang jelas antara hutan (kiri) dan savana (kanan) di areal Bekol kawasan Taman Nasional Baluran Jawa Timur



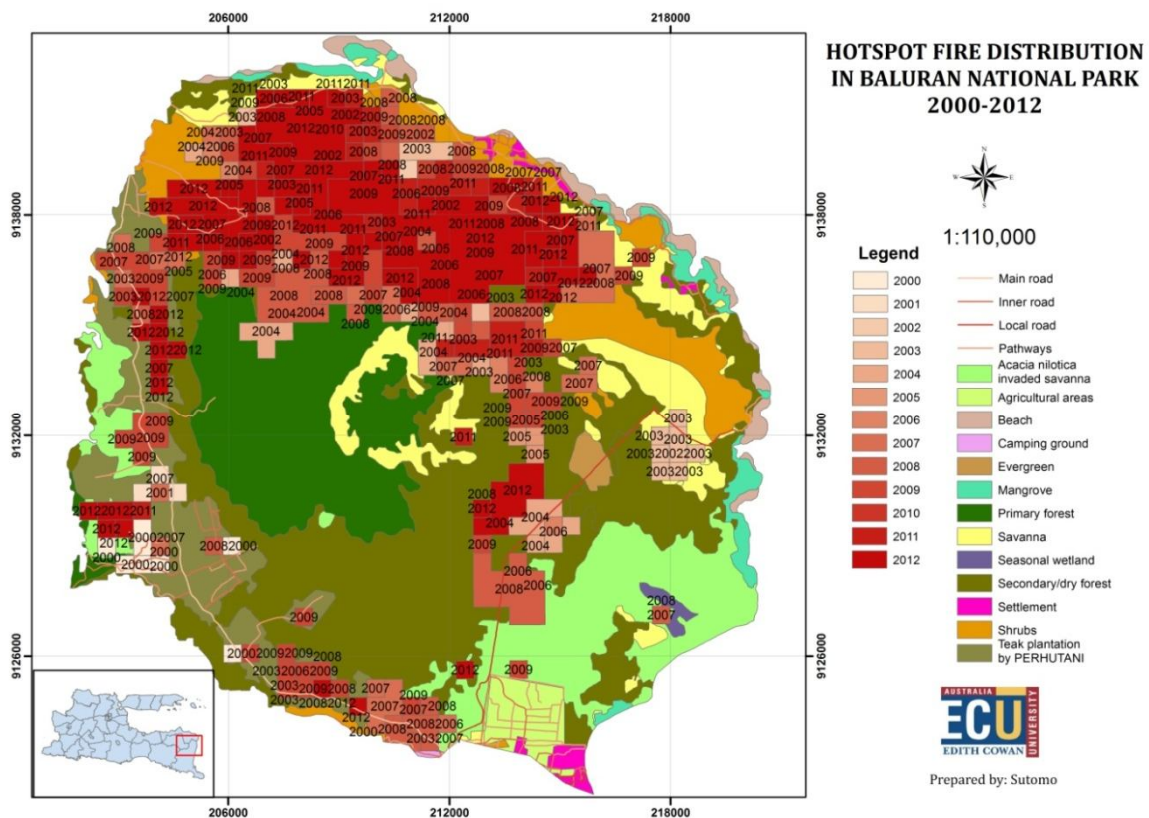
Gambar 3. Hasil analisis ordinas NMDS memperlihatkan perbedaan karakteristik vegetasi yang jelas (*distinct*) antara hutan, daerah batas dan savana di kawasan Taman Nasional Baluran

Tabel 3. hasil analisis tanah jenis alluvial di kawasan Taman Nasional Baluran

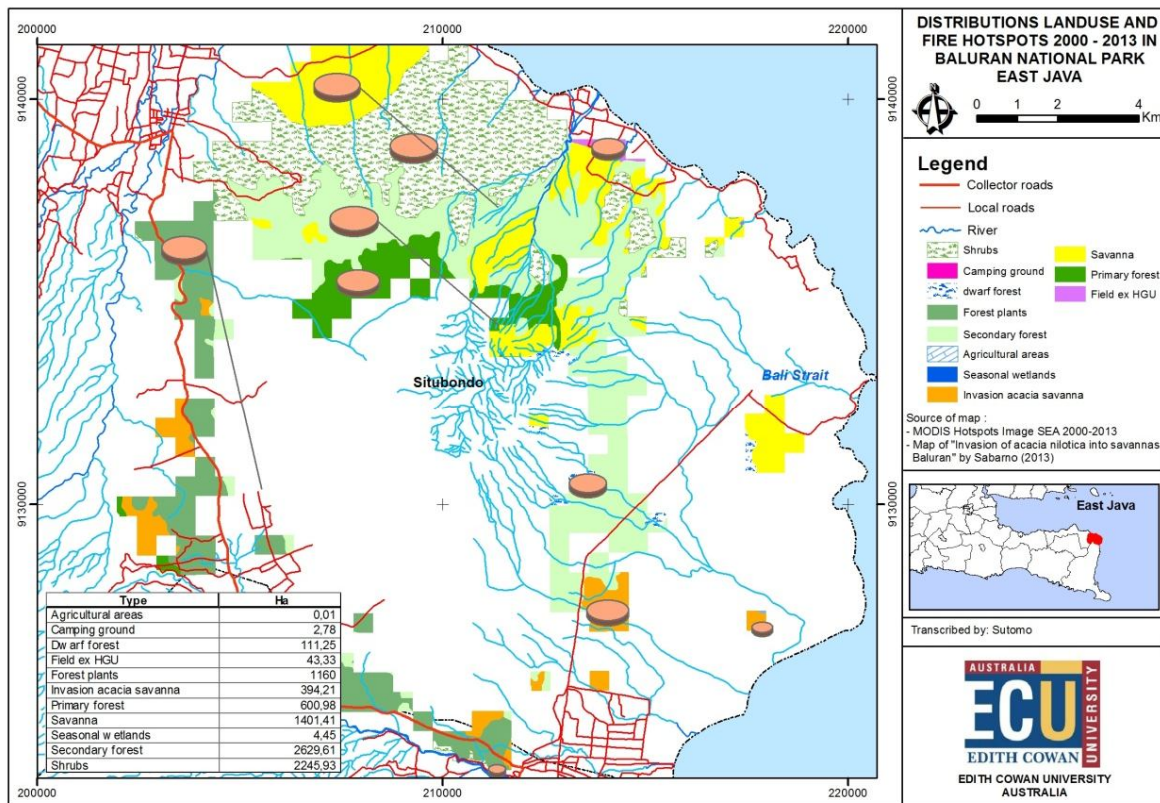
Sampel	pH (1:2,5)		C Organik	N Total	P tersedia	K tersedia	Kadar air	
	H2O	KCl	%	%	ppm	ppm	KU %	KL %
BURNED SITE (savana)	6,74		3,51	0,23	12,09	140,90	12,72	41,25
	Netral		Tinggi	Sedang	Rendah	Sedang		
BORDER SITE (forest)	6,65		4,39	0,27	32,08	176,12	18,56	43,61
	Netral		Tinggi	Sedang	Tinggi	Sedang		
GRAZED SITE	6,94		2,97	0,15	16,64	256,66	17,20	43,95
	Netral		Sedang	Rendah	Sedang	Tinggi		

Archibald (2008) menggunakan model simulasi untuk memperkirakan efek api, curah hujan dan grazing terhadap stabilitas komunitas savana di Afrika. Api atau kebakaran telah lama dijadikan salah satu minat penelitian dalam ekologi komunitas, dan jika dikaitkan dengan keberadaan savana, api dikatakan memainkan peranan yang penting. Di dalam papernya yang berjudul “the origin of the savanna biome”, Beerling dan Osborne (2006) menunjukkan bahwa api atau kebakaran mempercepat *forest loss* dan juga mempercepat ekspansi rumput C4 melalui serangkaian *feedback loop* yang positif sehingga setiap adanya api/peristiwa kebakaran akan semakin menyebabkan peristiwa kemarau panjang yang pada gilirannya akan semakin memperbanyak jumlah titik api ataupun kebakaran itu lagi. Dari tahun 2000 sampai dengan 2013 terdapat kurang lebih 390 hotspot di kawasan Taman Nasional baluran yang sebagian besarnya terjadi di savana dan di kawasan hutan monsun (Gambar 4 dan 5). Api berperan penting dalam menjaga savana agar tetap menjadi savana. Dengan demikian pengelola rutin mengadakan pembakaran terkontrol di savana-savana agar regenerasi rumput dapat berjalan baik serta untuk memusnahkan jenis tumbuhan berkayu asing yang memiliki sifat invasif yaitu *Acacia nilotica* yang saat ini telah menjadi permasalahan tersendiri

di Taman Nasional Baluran. Api adalah salah satu faktor penting yang berpengaruh terhadap kuantitas dan kualitas padang rumput dan savana. Kebakaran memungkinkan rumput-rumput pakan satwa lebih tersebar dan lebih produktif. Api juga mengontrol biji-biji tumbuhan berkayu yaitu dengan memusnahkan dan menghambat pertumbuhannya, sehingga vegetasi rumput bebas dari pengaruh naungan dan persaingan dengan vegetasi lain (Sabarno, 2002). Pembakaran terkontrol pun selain di savana juga dilakukan di beberapa titik hutan monsun utamanya di akhir musim penghujan. Tujuannya adalah untuk mengurangi bahan bakar atau *fuel loads* saat musim kering tiba, sehingga akan dapat meminimalisir potensi terjadinya kebakaran besar yang akan sulit diatasi.

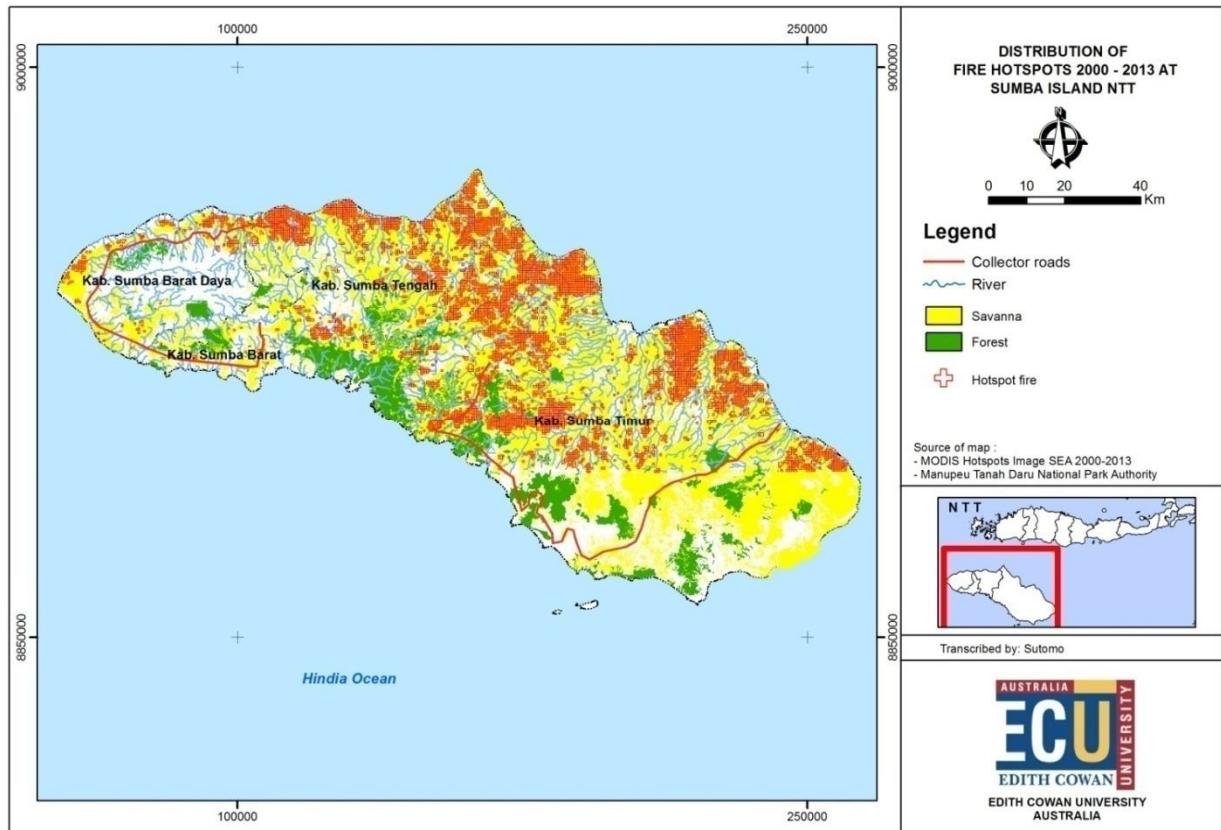


Gambar 4. Peta distribusi hotspot tahun 2000 – 2012 di Taman Nasional Baluran

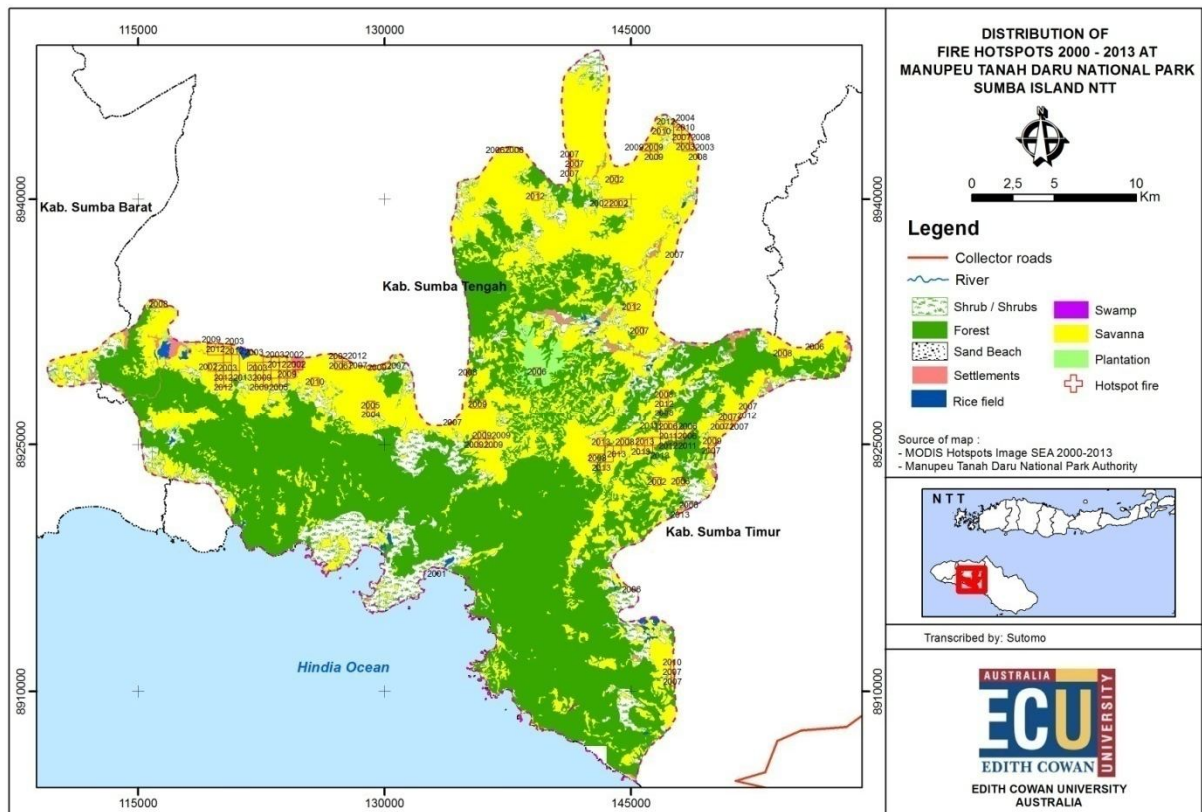


Gambar 5. Luasan masing-masing areal terdampak hotspots 2000 – 2012 di kawasan Taman Nasional Baluran Jawa Timur

Peran daripada penginderaan jauh dan remote sensing di dalam ekologi terutama dalam konteks kebakaran/api dan manajemen vegetasi telah lama dikenal, serta studi mengenai pemetaan dan analisa sejarah kebakaran/api sudah sangat familiar (Arno et al., 1977, Chuvieco and Congalton, 1989, Keane et al., 2001, Van Wilgen et al., 2000, Verlinden and Laamanen, 2006). Namun demikian memang belum begitu banyak yang menggunakan teknologi ini untuk ekosistem savana, terutama di Indonesia (Chacón-Moreno, 2004, Sano et al., 2010, Hudak and Brockett, 2004, Stroppiana et al., 2003) khususnya lagi areal savana yang sangat luas di Nusa Tenggara dan Maluku (Fisher et al., 2006b). Untuk itu, sebagai komparasi dari hasil pemetaan hotspots untuk savana di Taman Nasional Baluran Jawa Timur, berikut akan diperlihatkan pula hasil pemetaan hotspots pada rentang waktu yang sama (2000-2012) untuk Pulau Sumba, Nusa Tenggara Timur (Gambar 6). Distribusi hotspots di Pulau Sumba secara keseluruhan ada di tiga kabupaten yaitu Sumba Barat, Tengah dan Timur. Distribusi paling banyak di Kabupaten Sumba Tengah. Sebagian besar hotspots terbentuk mulai dari kawasan pesisir di bagian Utara. Kawasan yang paling banyak terbakar adalah savana. Di Taman Nasional Manupeu Tanah Daru (Gambar 7) terdapat ± 94 hotspots yang dominan berada di savana.



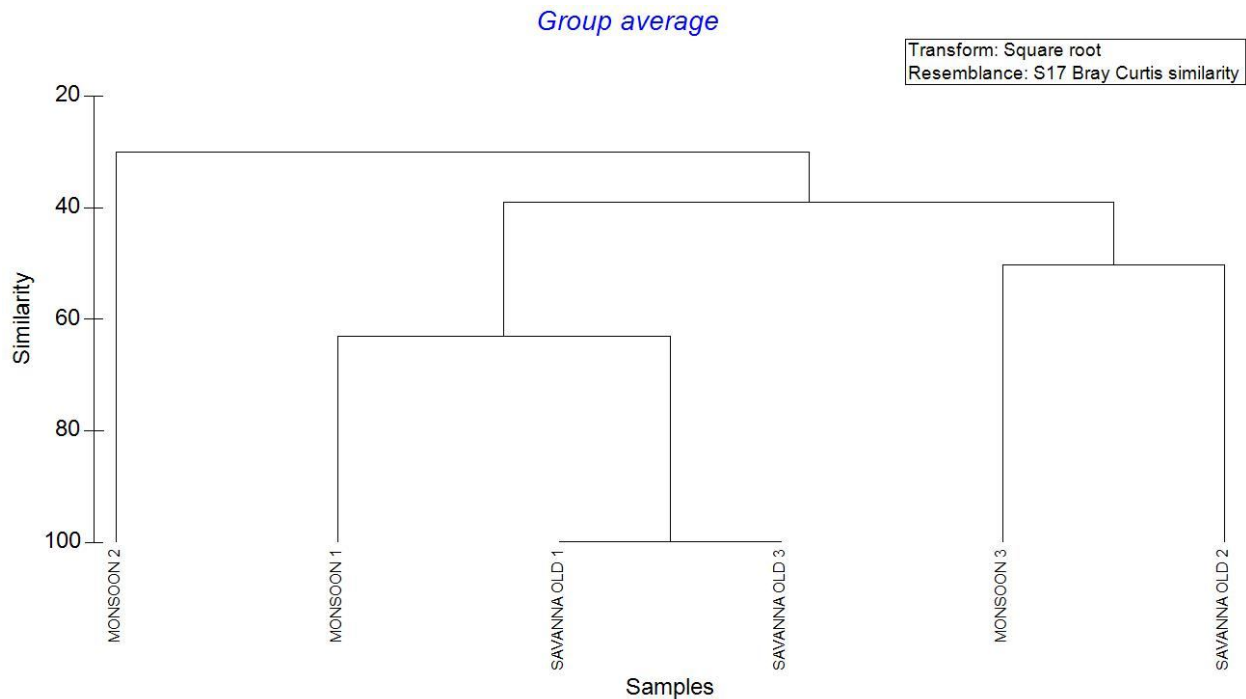
Gambar 6. Distribusi hotspots di Pulau Sumba Nusa Tenggara Timur 2000-2013



Gambar 7. Distribusi hotspots di kawasan Taman Nasional Manupeu Tanah Daru, Sumba, Nusa Tenggara Timur, 2000-2013

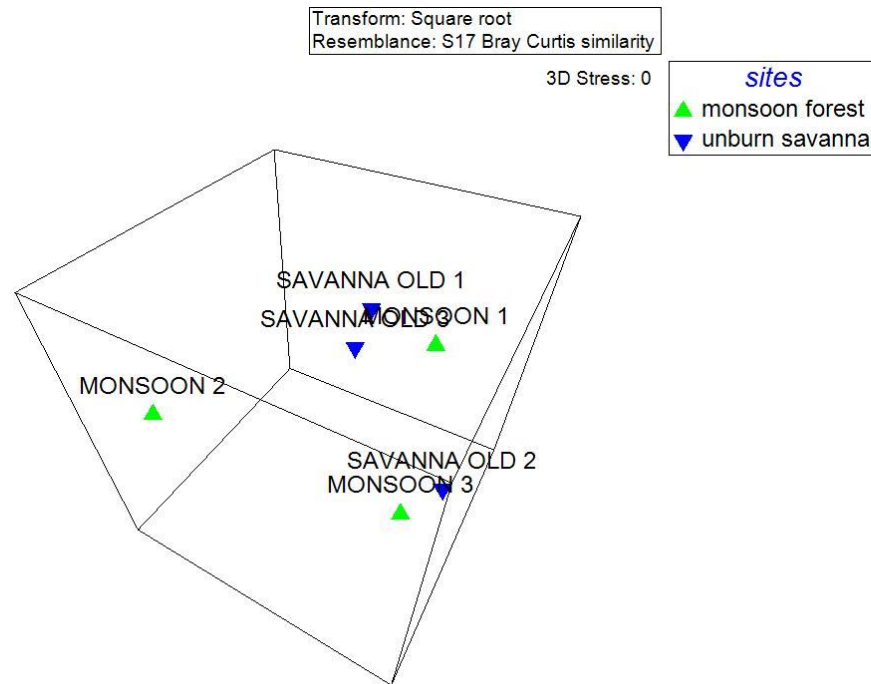
Selain studi yang dilakukan penulis, sebelumnya Fisher dkk (2006b) pernah melakukan studi *remote sensing* pula, yaitu menerapkan aplikasi standar untuk monitoring pola kebakaran di lanskap savana yang telah sukses di Australia Utara, ke beberapa desa berlanskap savana di Flores dan Sumba, Nusa Tenggara Timur, namun hanya untuk rentang waktu dua tahun saja. Teknologi *remote sensing*, telah memungkinkan kita untuk melihat lebih dalam lagi mengenai pola fragmentasi habitat, utamanya di Nusa Tenggara dimana savana merupakan lanskap utama. Dengan demikian mungkin dapat pula *men-support* pendapat serta contoh dan bukti sebelumnya mengenai asal-usul savana, khususnya di kawasan Nusa Tenggara Timur (Tacconi and Ruchiat, 2006).

Bukti atau petunjuk selanjutnya mengenai asal usul savana di Baluran adalah adanya perubahan struktur kuantitatif dan komposisi jenis (pohon) di savana menjadi menyerupai di hutan monsun jika api dihilangkan. Akibat kecilnya kontrol api (lama tidak dilakukan pembakaran terkendali) terutama pada kawasan seperti Kramat dan Balanan di Taman Nasional Baluran, menyebabkan terjadinya pergeseran komposisi dan struktur dari savana menjadi komposisi jenis pohonnya menyerupai di hutan monsun. Hasil analisis multivariate (Gambar 9) memperlihatkan titik-titik savana yang lama tidak terbakar (*savanna old*) letaknya berdekatan dengan titik hutan monsun (*monsoon forest*) di dalam ruang ordinasi 3 dimensi NMDS. Hal ini mengindikasikan terdapat kemiripan dalam hal komposisi komunitas tumbuhan berkayu diantara kedua tipe bioma ini. Dari hasil analisis klaster (Gambar 8) dapat diketahui bahwa titik savana old 1 dan 3 memiliki tingkat similaritas yang sangat tinggi (cophinent index = 0,95) dengan titik monsoon 1. Demikian pula halnya dengan titik ordinasi monsoon 3 dengan savana old 2 dengan index cophinent sebesar kurang lebih 0,91. Hal ini semakin memperkuat hasil dari NMDS. Secara ilmiah dapat ditarik kesimpulan bahwa mulai terjadi pergeseran formasi dari savana (yang lama tidak mengalami api) menjadi menyerupai hutan monsun yang dicirikan di savana oleh adanya persamaan dengan hutan monsun di dalam hal komposisi vegetasi tumbuhan berkayu/pohon serta terbentuknya struktur yang menjadi lebih kompleks dari hasil pengamatan di lapangan.



Gambar 8. Hasil analisis kluster antara struktur dan komposisi savana relatif lama tidak terbakar dengan hutan monsoon yang relatif lama tidak terbakar di kawasan Taman Nasional Baluran

Analisis SIMPER (similarity percentage) memperlihatkan jenis-jenis yang diperkirakan memegang peranan penting dalam hal perbandingan kedua formasi yaitu hutan monsun dan savana tak terbakar. Ada sepuluh jenis pohon yang masing-masing presence atau hadir di salah satu, keduanya atau tidak hadir di salah satu atau kedua formasi tersebut serta dalam proporsi nilai kelimpahan yang bervariasi. Jenis yang berkontribusi paling besar adalah *Erythrina* sp dan *Flacourtea* sp (Contrib % = 12,66, dan 11,25) (Tabel). Kedua jenis ini juga sama-sama *presence* atau hadir di kedua formasi tersebut (hutan monsun dan savana tak terbakar) namun dengan rerata kelimpahan yang berbeda, *Erythrina* sp lebih melimpah di hutan monsun sedangkan untuk *Flacourtea* sp, kelimpahannya lebih banyak di savana yang tak terbakar. Secara total ada tujuh jenis pohon yang sama-sama hadir di kedua formasi (Tabel 4). Hanya ada satu jenis pohon yang tidak ada di hutan monsun dan hanya ada di savana yaitu *Acacia leucophlea*. Sebaliknya, ada lima jenis pohon yang tidak ada di savana (Tabel 4). Jenis karakteristik hutan monsun/gugur daun/kering di Baluran biasanya adalah Walikukun (*Schoutenia ovata*), Rukem (*Flacourtea* sp), dan Asam Jawa (*Tamarindus indicus*) (Whitten et al., 1996). Dari hasil SIMPER terlihat bahwa ketiga jenis ini juga dijumpai pada grup *unburn savanna* yang juga menguatkan dasar argumentasi hipotesa awal mengenai asal-usul savana di Baluran.



Gambar 9. Hasil analisis ordinasinya NMDS dengan menggunakan data struktur dan komposisi savana relatif lama tidak terbakar dan hutan monsoon yang relatif lama tidak terbakar di kawasan Taman Nasional Baluran

Tabel 4. Hasil analisis SIMPER grup Monsoon forest dan unburn savanna di lokasi sampling kawasan Taman Nasional Baluran

Species	Group monsoon forest	Group unburn savanna	Contrib%	Cum. %
	Av.Abund	Av.Abund		
<i>Erythrina sp</i>	1,87	0,47	21,15	21,15
<i>Flacourtea sp</i>	0,33	1,28	11,25	32,4
<i>Hibiscus sp</i>	0,82	0	8,71	41,11
<i>Schoutenia ovata</i>	2,55	2,46	8,54	49,65
<i>Schleicera oleosa</i>	0,47	0,67	8,26	57,91
<i>Grewia eriocarpa</i>	0,67	0	7,79	65,7
<i>Acacia leucophlea</i>	0	0,67	6,51	72,2
<i>Capparis sepiaria</i>	0,33	0,33	5,15	77,35
<i>Tamarindus indicus</i>	0,33	0,33	4,92	82,27
<i>Glochidion sp</i>	0,33	0	3,81	86,08
<i>Cordia sp</i>	0,33	0	3,56	89,63
<i>Helicteres isora</i>	0,33	0	3,56	93,19

Savana dapat dikatakan sebagai *alternative state* di dalam kerangka konsep *state and transition*. Beberapa penelitian di lokasi yang berbeda-beda, savana disimpulkan sebagai *alternate vegetation state* yang bisa *reversible* namun seringkali *irreversible* (Gillson and Ekblom, 2009, Twidwell et al., 2013). Savana relatif mudah untuk berubah menjadi hutan sekunder atau tegakan jenis *alien invasive* (seperti contohnya di Baluran dengan savananya yang banyak berubah menjadi tegakan murni *Acacia nilotica*) namun akan sangat sulit untuk dirubah, merubah atau dirubah menjadi savana kembali sekali konversi ini telah terjadi. Saat masa *juvenile* nya pohon atau jenis

berkayu dihambat untuk tumbuh oleh interaksi dengan rumput dan juga api, akan tetapi sekali saja jenis-jenis berkayu atau jenis pohon ini mampu mengatasi hambatan ini dan tumbuh mencapai lapisan kanopi, pohon-pohon ini dapat menekan rumput dan tetumbuhan bawah lainnya serta mengurangi *fuel loads* yang pada akhirnya akan mengurangi frekuensi kebakaran (Skowno et al., 1999, Bond and Wilgen, 1996). Oleh karena itu menurut Bond dan Wilgen, ketika api atau kebakaran telah absen atau tidak ada untuk interval waktu yang cukup lama, savana akan berubah menjadi hutan sekunder yang tahan api atau *thickets* yang semakin tua usianya akan semakin meningkat kemampuan tahan apinya. Van Langevelde et al. (2003) memberikan contoh lainnya. Ia membuat konsep *feedback loop* antara api dan *grazing* serta efeknya terhadap rumput (*fuel load*) dan biomasa tumbuhan berkayu di savana. Intensitas *grazing* oleh mamalia yang cukup tinggi di savana akan menyebabkan penurunan di dalam biomasa rumput yang kemudian akan menyebabkan penurunan bahan bakar atau *fuel load*. Penurunan bahan bakar ini menyebabkan jika terjadi kebakaran, tidak begitu parah sehingga tidak begitu merusak jenis pohon sehingga akan meningkatkan jumlah jenis pohon dan individunya. Contoh berikutnya adalah dominasi jenis berkayu di savana Mitchell di Australia, yang telah menciptakan kondisi dimana upaya reintroduksi api/pembakaran terkendali (untuk merubah kembali menjadi padang rumput) kini tidak memungkinkan lagi dikarenakan tebalnya lapisan *thicket* yang terbentuk pada struktur atas sehingga kondisi ini menyebabkan terjadinya pergeseran atau perubahan komposisi jenis di Mitchell grassland (Van Etten, 2010, Burrows et al., 1991, Burrows et al., 1986). Ini menurut Langevelde et al. (2003) merupakan *alternative vegetation state* yang *irreversible (stable state)*. Kajian ini menekankan bahwa asal usul savana tidak bisa hanya ditentukan dari observasi saja namun juga penelitian yang menyeluruh dari segala aspek utamanya seperti ekologi dan evolusi, biogeografi, arkeologi dan lainnya.

KESIMPULAN

Savana di Taman Nasional Baluran berasal dari hutan monsun/hutan kering/hutan gugur daun yang kerap terbakar dengan intensitas yang tinggi serta frekuensi yang sering di masa lampau. Kesimpulan ini didapatkan berdasarkan tiga point dari penelitian ini yaitu: (1) adanya daerah batas yang jelas antara hutan dan savana yang tidak ada hubungannya dengan perubahan faktor edafik, (2) adanya pola kebakaran di masa lampau yang memang banyak terjadi di areal hutan monsun dan savana dan (3) adanya perubahan komposisi jenis dan struktur pada savana (menyerupai komposisi jenis hutan monsun) jika unsur api dihilangkan. Untuk wilayah Nusa Tenggara Timur pendapat dominan pun meyakini bahwa savana berasal dari hutan monsun yang kerap terbakar/dibakar untuk pembukaan lahan dan aktivitas manusia lainnya. Namun demikian, literature hasil penelitian di

Brazil, Afrika dan Australia menunjukkan bahwa savana, apapun sebab terbentuknya, dipertahankan oleh kebakaran, yang membatasi suksesi semak alami dan hutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh RUFFORD foundation 2014 dan Edith Cowan University. Terima kasih yang sebesar-besarnya dihaturkan kepada Kepala Balai Taman Nasional Baluran, Kepala Balai Taman Nasional Manupeu Tanah Daru, Kepala Balai Taman Nasional Gunung Rinjani, Kepala Bali Taman Nasional Bali Barat serta Kepala Balai Penelitian Kehutanan Kupang dan Kepala UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya “Eka Karya” Bali-LIPI serta teman-teman di lapangan dan juga untuk Jurusan Biologi dan Jurusan Pertanian Universitas Udayana Bali.

DAFTAR PUSTAKA

- ADEJUWON, J. O. & ADESINA, F. A. (1992) The nature and dynamics of the forest-savanna boundary in south-western Nigeria. IN ADEJUWON, J. O. & ADESINA, F. A. (Eds.) *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*. London, Chapman and Hall.
- ARCHIBALD, S. (2008) African grazing lawns—how fire, rainfall, and grazer numbers interact to affect grass community states. *The Journal of Wildlife Management*, 72, 492-501.
- ARCHIBALD, S., BOND, W., STOCK, W. & FAIRBANKS, D. (2005) Shaping the landscape: fire-grazer interactions in an African savanna. *Ecological Applications*, 15, 96-109.
- ARNO, S. F., SNECK, K. M. & FOREST, I. (1977) A method for determining fire history in coniferous forests of the mountain west.
- ARTHA, F. (2011) Studi perbandingan sebaran hotspot dengan menggunakan citra satelit noaa/avhrr dan aqua modis (Studi Kasus: Kabupaten Banyuwangi dan Sekitarnya). *Civil Engineering and Planning*. Surabaya, Institut Teknologi Surabaya ITS.
- AUFFENBERG, W. (1981) *The behavioral ecology of the Komodo monitor*, 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, 185-194.
- BARATA, U. W. (2000) Biomasa, komposisi dan klasifikasi komunitas tumbuhan bawah pada tegakan *Acacia nilotica* di Taman Nasional Baluran, Jawa Timur. *Fakultas Kehutanan*. Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.
- BEERLING, D. J. & OSBORNE, C. P. (2006) The origin of the savanna biome. *Global Change Biology*, 12, 2023–2031.
- BOND, W. J. & WILGEN, B. W. V. (1996) *Fire and Plants*, London, Chapman & Hall.
- BURROWS, W., CARTER, J., ANDERSON, E. & BOLTON, M. (1986) Prickly acacia (*Acacia nilotica*) invasion of Mitchell grass (*Astrebla* spp.) plains in central and northern Queensland. *Proc. 4th Bienn. Conf. Australian Rangeland Soc., Armidale*.
- BURROWS, W. H., CARTER, J. O., SCANLAN, J. C. & ANDERSON, E. R. (1991) Management of Savannas for Livestock Production in North-East Australia: Contrast across the Tree-Grass Continuum. IN WERNER, P. A. (Ed.) *Savanna Ecology and Management*. London, Blackwell Scientific Publication.
- CHACÓN-MORENO, E. J. (2004) Mapping savanna ecosystems of the Llanos del Orinoco using multitemporal NOAA satellite imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5, 41-53.

- CHUVIECO, E. & CONGALTON, R. G. (1989) Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. *Remote sensing of Environment*, 29, 147-159.
- CLARKE, K. R. (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, 117-143.
- CLARKE, K. R. & GORLEY, R. N. (2005) PRIMER: Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research. 6.0 ed. Plymouth, PRIMER-E Ltd.
- COLE, M. M. (1960) Cerrado, Caatinga and Pantanal: The Distribution and Origin of the Savanna Vegetation of Brazil. *The Geographical Journal*, 126, 168-179.
- DJUFRI (2002) Penentuan Pola Distribusi, Asosiasi, dan Interaksi Spesies Tumbuhan Khususnya Padang Rumput di Taman Nasional Baluran, Jawa Timur. *BIODIVERSITAS*, 3, 181-188.
- DJUFRI (2004) Acacia nilotica (L.) Willd. ex Del. dan Permasalahannya di Taman Nasional Baluran Jawa Timur. *BIODIVERSITAS*, 5, 96-104.
- DJUFRI (2012) Analisis Vegetasi pada Savana tanpa tegakan Acacia nilotica di Taman Nasional Baluran Jawa Timur. *Biologi Edukasi*, 14, 104-111.
- DJUFRI, D. (2013) Penurunan Kualitas Savana Bekol sebagai Feeding Ground bagi Rusa (*Cervus timorensis*) dan Banteng (*Bos javanicus*) di Taman Nasional Baluran Jawa Timur. *Jurnal Biologi Edukasi*, 1, 29-33.
- FISHER, R., BOBANUBA, W. E., RAWAMBAKU, A., HILL, G. J. & RUSSELL-SMITH, J. (2006a) Remote sensing of fire regimes in semi-arid Nusa Tenggara Timur, eastern Indonesia: current patterns, future prospects. *International Journal of Wildland Fire*, 15, 307-317.
- FISHER, R., BOBANUBA, W. E., RAWAMBAKU, A., HILL, G. J. E. & RUSSELL-SMITH, J. (2006b) Remote sensing of fire regimes in semi-arid Nusa Tenggara Timur, eastern Indonesia: current patterns, future prospects. *International Journal of Wildland Fire*, 15, 307-317.
- FORD, P. L. (2010) Grasslands and Savannas. IN SQUIRES, V. R. (Ed. *Encyclopedia of Life Support Systems*. Singapore, EOLSS Publisher.
- GILLSON, L. & EKBLUM, A. (2009) Resilience and thresholds in savannas: nitrogen and fire as drivers and responders of vegetation transition. *Ecosystems*, 12, 1189-1203.
- HOFFMAN, W. A., JACONIS, S. Y., MACKINLEY, K., GEIGER, E. L., FRANCO, A. C. & HARIDASAN, M. (2010) Biological and Physical Controls over Fire Feedbacks at Savanna-Forest Boundaries: Implications for the Origin of Tropical Savannas. *The 2010 International Meeting of the Association of Tropical Biology and Conservation*. Bali Indonesia, ATBC.
- HUDAK, A. & BROCKETT, B. (2004) Mapping fire scars in a southern African savannah using Landsat imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 25, 3231-3243.
- KEANE, R. E., BURGAN, R. & VAN WAGTENDONK, J. (2001) Mapping wildland fuels for fire management across multiple scales: integrating remote sensing, GIS, and biophysical modeling. *International Journal of Wildland Fire*, 10, 301-319.
- MARTONO, D. S. (2012) Analisis vegetasi dan asosiasi antara jenis-jenis pohon utama penyusun hutan tropis dataran rendah di taman nasional gunung rinjani nusa tenggara barat. *Agritek*, 13, 18-27.
- 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. *Environmental Studies Program*. Oregon, University of Oregon.
- ROSLEINE, D. & SUZUKI, E. (2013) Secondary sucession at abandoned grazing sites Pangandaran Nature Reserve West Java Indonesia. *Tropics*, 21, 91-103.

- RUSSEL-SMITH, J., DJOROEMANA, S., MAAN, J. & PANDANGA, P. (2006) Rural Livelihoods and Burning Practices in Savanna Landscapes of Nusa Tenggara Timur, Eastern Indonesia. *Human Ecology*, 35, 345–359.
- SABARNO, M. Y. (2002) Savana Taman Nasional Baluran. *BIODIVERSITAS*, 3, 207-212.
- SANO, E. E., ROSA, R., BRITO, J. L. & FERREIRA, L. G. (2010) Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 166, 113-124.
- SCHEITER, S. (2008) Grass-tree interactions and the ecology of African savannas under current and future climates. *Lehrstuhl für Vegetationsökologie*. Muenchen, TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN.
- SETIABUDI, TJITROSOEDIRO, S., MAWARDI, I. & BACHRI, S. (2013) Invasion of acacia nilotica into savannas inside Baluran National Park, East Java, Indonesia. IN BAKAR, B., KURNIADI, D. & TJITROSOEDIRO, S. (Eds.) *24th Asian-Pacific Weed Science Society Conference*. Bandung, BIOTROP.
- SKOWNO, A. L. M., J. J., BOND, W. J. & BALFOUR, D. (1999) Secondary succession in *Acacia nilotica* (L.) savanna in the Hluhluwe Game Reserve, South Africa. *Plant Ecology*, 145, 1–9.
- STROPPIANA, D., GRÉGOIRE, J.-M. & PEREIRA, J. M. (2003) The use of SPOT VEGETATION data in a classification tree approach for burnt area mapping in Australian savanna. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 2131-2151.
- SUHADI, S. (2012) Sebaran tumbuhan bawah pada tumbuhan *Acacia nilotica* di savana bekol taman nasional baluran. *Berkala Penelitian Hayati (Journal of Biological Researchers)*, 14.
- SUMARDJA, A. & KARTAWINATA, K. (1977) Vegetation analysis of the habitat of Banteng (*Bos javanicus*) at the Pananjung-Pangandaran nature reserve, West Java [Indonesia]. *BIOTROP Bulletin (Indonesia)*. no. 13.
- SUTOMO (2014) *Invasion of Exotic Species Acacia nilotica in Savanna Ecosystem of Baluran National Park East Java Indonesia*, Yogyakarta, Interlude.
- SUTOMO, VAN ETTEN, E. & PRIYADI, A. (2015) Do Water Buffalo Facilitate Dispersal of Invasive Alien Tree Species *Acacia nilotica* in Bekol Savanna Baluran National Park? IN DAMAYANTI, E. K. & FERNANDEZ, J. C. (Eds.) *Second International Conference on Tropical Biology*. Bogor, SEAMEO BIOTROP.
- TACCONI, L. & RUCHIAT, Y. (2006) Livelihoods, fire and policy in eastern Indonesia. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 27, 67-81.
- TE BEEST, M., CROMSIGT, J. P., NGOBESE, J. & OLFF, H. (2012) Managing invasions at the cost of native habitat? An experimental test of the impact of fire on the invasion of *Chromolaena odorata* in a South African savanna. *Biological Invasions*, 14, 607-618.
- TWIDWELL, D., FUHLENDORF, S. D., TAYLOR, C. A. & ROGERS, W. E. (2013) Refining thresholds in coupled fire–vegetation models to improve management of encroaching woody plants in grasslands. *Journal of Applied Ecology*, 50, 603-613.
- VAN ETTEN, E. J. B. (2010) Fire in Rangelands and its Role in Management. IN SQUIRES, V. R. (Ed. *Encyclopedia of Life Support Systems*. Singapore, Eolss Publisher.
- VAN LANGEVELDE, F., VAN DE VIJVER, C. A., KUMAR, L., VAN DE KOPPEL, J., DE RIDDER, N., VAN ANDEL, J., SKIDMORE, A. K., HEARNE, J. W., STROOSNIJDER, L. & BOND, W. J. (2003) Effects of fire and herbivory on the stability of savanna ecosystems. *Ecology*, 84, 337-350.
- VAN STEENIS, C. G. G. J. (1972) *The Mountain Flora of Java*, Leiden, E.J Brill.
- VAN WILGEN, B., BIGGS, H., MARE, N. & O'REGAN, S. (2000) A fire history of the savanna ecosystems in the Kruger National Park, South Africa, between 1941 and 1996. *South African Journal of Science*, 96.
- VERLINDEN, A. & LAAMANEN, R. (2006) Long term fire scar monitoring with remote sensing in northern namibia: relations between fire frequency, rainfall, land cover, fire management and trees. *Environmental Monitoring and Assessment*, 112, 231–253.
- WHITTEN, T., SOERIAATMADJA, R. E. & AFIFF, S. A. (1996) *The ecology of Indonesia series volume II: The ecology of Java and Bali*, Hongkong, Periplus.