

Populasi, Ko-okurensi dan Preferensi Habitat *Areca macrocalyx*
di Pulau Waigeo-Papua Barat
(Population, Co-occurrence and Habitat Preference of *Areca macrocalyx* in Waigeo Is.-
West Papua)

Didik Widyatmoko

Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya – LIPI,
Jl. Ir. H. Juanda 13 Bogor 16122, Email: didik_widyatmoko@yahoo.com

Memasukkan: Oktober 2014, Diterima: Desember 2014

ABSTRACT

Research on population status, co-occurrence and habitat preference of the New Guinean palm *Areca macrocalyx* Zippelius ex Blume in hill forests of the Waigeo island (West Papua) was conducted in 2012 at six different habitat types: river bank, hill slope, hill top, intact, disturbed and converted forests. Population sizes varied spatially and were dominated by seedlings (62%) and juveniles (24%), indicating a growing population, in which recruitment and mortality were simultaneously continuous and density dependent. *A. macrocalyx* seemed to prefer specific habitats where river banks situated in the intact forest being the most suitable habitat. Although this palm still tolerated hill tops, the populations were suppressed and seemed to be sensitive to disturbance and changes in water table. A number of interrelating edaphic factors appeared to influence the abundance of this palm with a preference for well-drained soils with a high magnesium (Mg^{2+}) content. High alkaline concentrations also corresponded to the density of the palm. Based on the association levels calculated using the Ochiai method, four tropical species (i.e. *Licuala graminifolia*, *Tabernaemontana aurantiaca*, *Orania regalis*, and *Sommieria leucophylla*) were positively associated with *A. macrocalyx* while ten other species were negatively associated. The palm tended to occupy sites with low-moderate C/N ratios where most sampled populations occurred in habitats with the average C/N values of lower than 10. Based on the *r*-squared values, exchangeable Mg^{2+} and Ca^{2+} appeared to have more influence on plant density and frequency than on canopy and basal area. Mortality was higher among the early growth stages but becoming very low in adult individuals. These findings suggest that edaphic factor is a determinant of the abundance and occurrence of the palm. To conserve the most important remaining populations, it is crucial to protect the most suitable sites and the existing-interconnected biotic factors in the reserve.

Keywords: *Areca macrocalyx*, population, co-occurrence, habitat preference, Waigeo island

ABSTRAK

Penelitian status populasi dan preferensi habitat pinang Papuaasia *Areca macrocalyx* Zippelius ex Blume di Pulau Waigeo (Papua Barat) telah dilakukan pada tahun 2012. Area studi mencakup berbagai tipe habitat dan asosiasi vegetasi: tepi sungai, lereng (punggung) bukit, puncak bukit, hutan alami, hutan terganggu, dan hutan terkonversi. Ukuran populasi bervariasi secara spasial dan didominasi oleh semai (62%) dan *juvenil* (24%); mengindikasikan populasi yang berkembang, rekrutmen dan mortalitas berlangsung secara simultan dan dipengaruhi oleh kelimpahan individu. Area tepi sungai dengan kondisi hutan masih alami merupakan habitat yang paling sesuai. Walaupun pinang ini masih bisa tumbuh di puncak bukit yang kering tetapi populasinya menjadi jarang dan nampak sensitif terhadap terjadinya gangguan dan ketersediaan air tanah. Sejumlah faktor edafik mempengaruhi kelimpahan populasi dengan preferensi pada habitat berdrainase baik dengan kandungan magnesium (Mg^{2+}) tinggi. Tanah dengan pH tinggi juga berkorelasi erat dengan keberadaan pinang ini. Hasil pengukuran tingkat asosiasi dengan menggunakan Index Ochiai, empat spesies tumbuhan (*Licuala graminifolia*, *Tabernaemontana aurantiaca*, *Orania regalis*, dan *Sommieria leucophylla*) berasosiasi positif dengan *A. macrocalyx*, sedangkan sepuluh lainnya berasosiasi negatif. Pinang ini cenderung tumbuh pada habitat dengan rasio karbon/nitrogen (C/N) rendah-sedang, di mana sebagian besar populasi tumbuh di habitat dengan C/N <10. Berdasarkan uji korelasi, Magnesium (Mg^{2+}) dan Kalsium (Ca^{2+}) lebih berpengaruh terhadap densitas dan frekuensi daripada terhadap tajuk dan area basal. Persentase mortalitas nampak tinggi pada fase semai tetapi menjadi rendah pada fase dewasa. Efektivitas konservasi akan sangat tergantung pada pengelolaan habitat-habitat yang paling sesuai dan faktor-faktor biotik yang berkaitan.

Kata Kunci: *Areca macrocalyx*, populasi, ko-okurensi, preferensi habitat, Pulau Waigeo

PENDAHULUAN

Pola distribusi spasial jenis tumbuhan hutan tropika yang cenderung mengelompok merupakan fenomena penting untuk dipelajari (Ashton 1998; Phillips 1998; Condit *et al.* 2000). Pola distribusi seperti ini mungkin disebabkan karena adanya spesifisitas atau preferensi terhadap kondisi habitat (Ashton 1998; Hubbell 2001). Sebaliknya, di daerah Amazonia Kolombia sebagian besar tumbuhan di dataran tinggi berdrainase sangat baik berkarakter generalis dan tidak menunjukkan preferensi terhadap kondisi habitat tertentu (Duivenvoorden (1995; 1996)

Pola distribusi spasial tumbuhan ditentukan oleh hubungan atau keterkaitan yang kompleks antar sejumlah faktor, seperti pola pemencaran biji (Bell 2000), kompetisi untuk mendapatkan polinator (Svenning 1999; Armbruster 1995), proses rekrutmen dan regenerasi (Harms *et al.* 2000; Christie & Armesto 2003; Widyatmoko *et al.* 2005; Widyatmoko 2009), pengaruh kerapatan populasi (Webb & Peart 2000), pengaruh gangguan (Molino & Sabatier 2001), serta variasi topografi dan ketersediaan air tanah (Campbell 1985; Swaine 1996; Davie & Sumardja 1997; Clark *et al.* 1998; Svenning 2001; Sambas *et al.* 2013).

Ko-okurensi dan kelimpahan populasi sangat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrien dalam tanah, heterogenitas lingkungan biotik dan abiotik, dan spesifisitas habitat mikro (Ludwig & Reynolds 1988; Kahn & Mejia 1990; Hatfield *et al.* 1996; Clark *et al.* 1998; Svenning 1999; Webb & Peart 2000; van der Heijden *et al.* 2003; Palmiotto *et al.* 2004). Hasil sejumlah penelitian menunjukkan bahwa distribusi spesies tumbuhan dan komposisi komunitas berkaitan dengan status nutrien tanah (Gartlan *et al.* 1986; Tucker 1992; Poulsen 1996; Clark *et al.* 1998; Widyatmoko 2001; Widyatmoko & Burgman 2006), termasuk konsentrasi kandungan magnesium dan fosfor (Olsen & Sommers 1982; Vitousek & Sanford 1986; Baillie *et al.* 1987; Suarez 1996; Sollins 1998; Tiessen 1998; Potts *et al.* 2002; Hall *et al.* 2004;

Palmiotto *et al.* 2004), serta kalsium, kalium dan natrium (Suarez 1996; Widyatmoko & Burgman 2006). Namun, informasi detil mengenai peranan dan pengaruh karakteristik tanah dan asosiasi biotik terhadap ko-okurensi dan kelimpahan tumbuhan masih sangat terbatas (Higgs & Usher 1980; House 1984; Gentry 1988; Duivenvoorden 1995; Sambas *et al.* 2013).

Konsensus ilmiah tentang signifikansi korelasi antara kelimpahan populasi tumbuhan dengan kualitas edafik belum tercapai sampai saat ini, khususnya pada skala spasial lokal dan menengah, misalnya pada area dengan luas 1-100 km² (Gartlan *et al.* 1986; Swaine 1996; Clark *et al.* 1998; Hall *et al.* 2004). Richter & Babbar (1991), Clark *et al.* (1999), dan Hall *et al.* (2004) menemukan bahwa kondisi tanah tropika tidak homogeny. Bahkan perbedaan karakteristik atau variasi kondisi tanah pada skala lokal merupakan fenomena yang umum terjadi di daerah tropika (Clark *et al.* 1998). Pada skala spasial regional atau menengah, diskontinuitas lingkungan sudah dapat dipertelakan, misalnya perbedaan tipe-tipe habitat. Sebaliknya, pada skala spasial lokal, misalnya kurang dari 1.000 m², seperti pada celah-celah kanopi dan pohon tumbang dan variasi-variasi topografi lokal, masih sulit digambarkan secara jelas variasi-variasi kondisi dan karakteristik lingkungannya (Svenning 1999).

Hipotesis tentang ko-okurensi spesies dapat dikelompokkan menjadi dua pendekatan utama: *equilibrium* dan *non-equilibrium* (Svenning 1999; Nakashizuka 2001; Groeneveld, *et al.* 2002; Edmunds *et al.* 2003). Hipotesis *equilibrium* mengasumsikan bahwa spesies-spesies tumbuhan berko-okurensi dengan cara menempati relung yang berbeda (*niche partitioning*), sedangkan hipotesis *non-equilibrium* menekankan adanya pengaruh-pengaruh gangguan dan terjadinya fluktuasi populasi secara lokal (Ludwig & Reynolds 1988); walaupun tidak mempengaruhi komposisi spesies tetapi dapat mempengaruhi kelimpahan relatif spesies (Hubbell 2001; Nakashizuka 2001; Chisholm & Burgman 2004).

Pemahaman mengenai ko-okurensi dan preferensi habitat sangat menentukan keberhasilan pengelolaan suatu habitat atau ekosistem (Mohler 1990; Begon, *et al.* 1996; Nakashizuka 2001; Christie & Armesto 2003; van der Heijden, 2003; Hall *et al.* 2004). Walaupun deteksi ko-okurensi, asosiasi antar spesies, atau asosiasi antara spesies dengan variabel-variabel lingkungan tidak memberikan penjelasan secara langsung mengenai faktor-faktor penyebab utama terjadinya fenomena ko-okurensi dan asosiasi (Morisita 1959; Schluter 1984; Silvertown & Law 1987; Real & Vargas 1996), tahapan studi ini dapat digunakan untuk memformulasikan hipotesis mengenai faktor-faktor kunci penyebab terjadinya peristiwa-peristiwa tersebut.

Uji asosiasi antar spesies sebenarnya merupakan pendekatan sederhana berbasis spesies dan dapat digunakan untuk mendeskripsikan tipe-tipe komunitas secara cepat dan cukup akurat. Apabila sekelompok spesies ditemukan berko-okurensi dan pola ko-okurensinya dapat dijelaskan berkaitan dengan faktor-faktor habitat, maka informasi seperti ini akan memberikan bukti-bukti ilmiah tentang proses-proses pembentukan relung dan komunitas.

Spesies palem merupakan komponen dan indikator biotik penting dari ekosistem hutan hujan tropika karena sering menunjukkan pola-pola ko-okurensi dan preferensi ekologis yang sangat spesifik (Tomlinson 1979; House 1984; Kahn & Mejia 1990; Moraes 1996; Svenning 1999; Widyatmoko 2010). Sebagian spesies palem mampu beradaptasi dengan baik pada kondisi-kondisi edafik tertentu, termasuk tipe tanah, kualitas drainase, dan kualitas tanah (House 1984; Tomlinson 1990; Moraes 1996; Widyatmoko & Burgman 2006; Widyatmoko 2010).

Tujuan penelitian ini adalah untuk 1) mengkaji secara kuantitatif populasi pinang Papuaasia *Areca macrocalyx* di hutan hujan dataran rendah di Pulau Waigeo, 2) menguji hipotesis mengenai kecenderungan pinang ini dalam berko-okurensi dengan spesies-spesies lainnya, serta 3) mempelajari pengaruh parameter-parameter edafik terhadap

kelimpahan dan distribusi spesies ini dalam rangka memberikan rekomendasi ilmiah mengenai pengelolaan spesies bermanfaat tersebut beserta habitatnya.

BAHAN DAN CARA KERJA

Areca macrocalyx tersebar di hutan hujan tropika Maluku, New Guinea, sampai Kepulauan Bismarck dan Solomon, berukuran sedang dengan tinggi pohon dewasa berkisar antara 10-12 m, dan tumbuh pada strata subkanopi. Spesies palem ini berumah satu (*monoecious*), tumbuh soliter, diameter batang 10-15 cm, *leaf scar* sangat jelas, *crownshaft* berwarna hijau, daun *pinnate* berwarna hijau tua, panjang daun 1.8-2.2 m, dengan diameter kanopi (*canopy spread*) 3.5-4 m. Rangkaian bunga (*inflorescence*) berwarna putih, buah berbentuk bulat/lonjong berukuran 2-4 cm, berwarna hijau/kuning pada saat muda dan berubah menjadi merah jika sudah tua (masak).

Penelitian dilakukan di dalam kawasan hutan CA Pulau Waigeo Timur, Pulau Waigeo, Kepulauan Raja Ampat, Provinsi Papua Barat, yang ditetapkan berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor 251/Kpts-II/1996 tanggal 3 Juni 1996 dengan luas total 119.500 hektar. Secara geografis, kawasan ini terletak pada koordinat antara 130°33'51" - 130°55'54" BT dan 0°02'27" - 0°08'51" LS. Topografi pada umumnya berbukit dan bergunung, dengan bentuk lansekap bergelombang ringan (30%) sampai terjal (80%) dengan gunung tertinggi adalah Gunung Danai (1.000 m) dan Gunung Nok (900 m). Tutupan daratan didominasi hutan dataran rendah dan hutan bukit kering primer, sedangkan kawasan pesisir pada umumnya merupakan dinding karang, bukit karst atau berbatu, dan hanya sebagian kecil terdapat hutan bakau. Beberapa sungai kecil mengalir di kawasan ini, seperti Sungai Kamtabae yang berhulu di Gunung Nok dan bermuara di sebelah selatan Desa Waifoi.

Iklim di lokasi penelitian tergolong tipe Af: basah tropika, mengalami delapan bulan basah secara terus-menerus, semua bulan memiliki rata-rata suhu di atas 18°C, variasi suhu antar

musim kecil yaitu kurang dari 3°C (the Koppen's System, Tarbuck & Lutgens 2004). Rataan curah hujan tahunan yang tercatat di Stasiun Saunek (Waigeo) adalah 1,5 m tahun⁻¹, dengan suhu harian bervariasi antara 23°C sampai dengan 33°C dengan rata-rata kelembapan 86%. Bulan basah terjadi antara April dan September.

Pengumpulan data dilakukan pada bulan Mei-Juni 2012, di sekitar Sungai Kamtabae (130° 43'38.2" BT 0°5'53.3" LS) dan di kawasan hutan Waifo (130°42'46.7" BT 0°6'5.9" LS). Lokasi-lokasi tersebut terletak sekitar 4 km sebelah utara Desa Waifo (Pulau Waigeo) ke arah Gunung Nok, yang mencakup berbagai tipe habitat dan kondisi hutan, yaitu tepi sungai, lereng bukit, puncak bukit, hutan alami, hutan terganggu, dan hutan terkonversi.

Struktur dan status populasi *A. macrocalyx* dikaji berdasarkan proporsi semai (belum memiliki stem, panjang daun <2 m), *juvenile* (telah memiliki stem, tinggi stem <2m, bekas dudukan daun nampak jelas), dan dewasa (tinggi stem >2m, bekas dudukan daun jelas), dan dikuantifikasi dengan cara membuat cuplikan-cuplikan berupa transek-transek paralel yang disusun secara sistematis (Cox 1974; Mueller-Dombois & Ellenberg 1974; Ludwig & Reynolds 1988; Krebs 1989; Cropper 1993). Pada masing-masing tipe habitat/vegetasi (3 tipe habitat dan 3 status hutan) dibuat tiga transek sabuk berukuran masing-masing 100 m x 10 m, sehingga jumlah transek sebanyak 18 yang berarti meliputi total area seluas 1,8 ha. Lokasi/koordinat dari masing-masing transek ditentukan dengan *Global Positioning System* MAP 175 Garmin. Untuk mengkaji struktur dan status populasi *A. macrocalyx* secara detil, semua individu (baik semai, *juvenile*, dan dewasa) yang terdapat dalam semua transek, termasuk spesies-spesies lainnya yang ditemui, dihitung dan ditentukan nilai pentingnya. Untuk menghindari duplikasi penghitungan, semua individu yang telah dihitung diberikan label. Tinggi masing-masing stratum (kanopi) diestimasi. Kemiringan lahan diukur dengan klinometer

(SUUNTO Optical Reading Clinometer PM-5), sedangkan pH dan kelembapan tanah diukur dengan soil tester DEMETRA (patent no.193478 *Electrode Measuring System*).

Pola-pola asosiasi antar spesies yang berko-okurensi (berada bersama-sama) diuji dengan menggunakan *Chi-square test statistic* (ct) dengan hipotesis bahwa *A. macrocalyx* tidak berasosiasi dengan spesies lain pada selang kepercayaan 95%, atau keberadaan *A. macrocalyx* tidak dipengaruhi oleh keberadaan spesies lainnya. Dari total 67 spesies tumbuhan yang diobservasi, 14 spesies diuji kemungkinan asosiasinya dengan *A. macrocalyx*. Selanjutnya, tingkat/derajat kedekatan asosiasi diuji dengan menggunakan *Ochiai Index* (OI).

A. macrocalyx ditemui di semua tipe habitat yang diamati. Namun dua tipe habitat di dusun Waifo dianggap sebagai area hutan yang sudah tidak alami lagi, karena telah ditanami *Theobroma cacao* dan *Lansium domesticum* oleh penduduk. Uji asosiasi antar spesies ini didasarkan pada keberadaan dan ketiadaan spesies dalam kuadrat-kuadrat berukuran masing-masing 5m x 5m. Sebanyak 144 unit kuadrat dipasang pada enam tipe habitat yang berbeda (24 unit kuadrat untuk masing-masing tipe habitat, dengan rincian delapan kuadrat dibuat di masing-masing transek sabuk). Kuadrat-kuadrat dipasang secara sistematis dengan pola bergantian di sepanjang aksis utama transek. Metode ini digunakan untuk memastikan bahwa kedua sisi aksis transek terwakili. Data yang diperoleh ditabulasi dalam tabel kontingensi 2 x 2.

Hipotesis nol (H_0) dari uji asosiasi ini adalah bahwa distribusi *A. macrocalyx* independen terhadap spesies-spesies lainnya. Untuk menguji H_0 , digunakan uji statistik Chi-square (c_t). Signifikansi dari uji statistik Chi-square ini ditentukan dengan cara membandingkan dengan Chi-square distribution (c_d) dengan derajat bebas satu dan dengan $\alpha = 0.05$. Jika $c_t > c_d$ berarti H_0 ditolak. Penolakan terhadap H_0 mengindikasikan adanya asosiasi antara *A. macrocalyx* dengan spesies pasangannya. Tipe asosiasi (bisa positif atau negatif) ditentukan

dengan cara membandingkan antara nilai *observed occurrences* ($O_{(a)}$) dengan nilai *expected occurrences* ($E_{(a)}$). Jika nilai $O_{(a)} > E_{(a)}$ berarti terjadi asosiasi positif atau dengan kata lain bahwa frekuensi ko-okurensi dua spesies yang diuji lebih besar daripada bila mereka terdapat secara independen (terpisah).

Uji kedekatan (derajat) asosiasi dilakukan dengan menggunakan Indeks Ochiai (OI), sebagaimana telah direkomendasikan oleh Janson & Vegelius (1981) dan Hubalek (1982). Uji ini dilakukan untuk mengestimasi secara kuantitatif tingkat asosiasi antara spesies yang diuji, yaitu *A. macrocalyx* dengan spesies pasangannya, karena uji asosiasi (c , *observed* dan *expected occurrences*) hanya dapat mendeteksi apakah suatu asosiasi terjadi atau tidak terjadi. Nilai Indeks Ochiai berada pada rentang 0 (tidak ada asosiasi) sampai dengan 1 (terjadi asosiasi maksimum).

Delapan belas cuplikan lapisan/horizon tanah diambil dari enam tipe habitat yang telah

$$OI = \frac{a}{\sqrt{a+b} \sqrt{a+c}}$$

Keterangan:

OI = Ochiai Index

a = Jumlah plot di mana ke-dua spesies (*A. macrocalyx* dan spesies pasangannya) ditemui

b = Jumlah plot di mana *A. macrocalyx* ditemui, tetapi pasangannya tidak ditemui

c = Jumlah plot di mana spesies pasangan *A. macrocalyx* ditemui, tetapi *A. macrocalyx* tidak ditemui

ditentukan (masing-masing tipe habitat diambil 3 ulangan sampel tanah) di Cagar Alam Pulau Waigeo Timur, meliputi tepi Sungai Kamtabae (posisi base camp), lereng bukit di sebelah utara base camp, puncak bukit di sebelah selatan base camp, hutan alami di sebelah barat base camp, hutan terganggu di sebelah timur base camp, dan hutan terkonversi di dekat Kampung Waifoi. Ketebalan masing-masing horizon atau lapisan tanah yang ditemui pada masing-masing tipe habitat diukur.

HASIL

Vegetasi dan Nilai Pentingnya pada Habitat *A. macrocalyx*

Vegetasi di CA Pulau Waigeo Timur tersusun atas berbagai spesies yang menempati paling tidak empat strata kanopi. Berdasarkan pada nilai pentingnya (NP), kanopi utama didominasi oleh *Tabernaemontana aurantiaca* (19.31), *Pometia pinnata* (17.78), *Palaquium obovatum* (13.16), *Celtis philippensis* (10.92), *Intsia bijuga* (8.86), *Vatica rassak* (8.81), *Semecarpus macrocarpa* (5.60), *Artocarpus altilis* (5.42), dan *Koordersiodendron pinnatum* (5.13). Subkanopi atas terutama tersusun oleh *Pometia pinnata* (14.36), *Myristica lancifolia* (8.95), *Drypetes longifolia* (6.01), *Pimelodendron amboinicum* (4.04), dan *Syzygium* sp. (4.01). Spesies subkanopi atas yang juga penting adalah *Harpulia ramiflora*, *Orania regalis*, *Dysoxylum arborescens*, *Cynometra novoguineensis*, dan *Dillenia papuana*. Stratum subkanopi bawah didominasi oleh pohon-pohon kecil dan semak, termasuk palem *Licuala graminifolia* dan *Sommieria leucophylla*, *Aglaiia lawii*, *Ixora kerstingii*, *Garcinia dulcis*, *Maniltoa rosea*, dan *M. plurijuga*, sementara spesies-spesies pada lantai hutan (*understorey*) didominasi oleh *Pandanus tectorius*, *Elatostema polioneurum*, serta paku *Nephrolepis dufii* dan *Selaginella wildenowii*. Sebagian besar lahan (landscape) tersusun atas tanah ultrabasa laterit.

Struktur dan Status Populasi

Struktur populasi *A. macrocalyx* berdasarkan distribusi frekuensi kelas semai, *juvenile* dan dewasa di CA Pulau Waigeo Timur, Kepulauan Raja Ampat disajikan dalam Gambar 1.

Kelimpahan populasi *A. macrocalyx* di berbagai tipe habitat dan tingkat gangguan hutan di CA Pulau Waigeo Timur, Kepulauan Raja Ampat disajikan dalam Gambar 2. Hutan terkonversi terletak di dekat dusun Waifoi.

Asosiasi antar Spesies

Hasil analisis lebih lanjut dari 67 spesies yang diduga berko-okurensi dengan *A. macrocalyx* di

mana 14 di antaranya dimasukkan dalam pengujian kedekatan asosiasi dengan menggunakan metode Ochiai untuk mengetahui secara kuantitatif tingkat/derajat asosiasinya. Berdasarkan hasil uji statistik Chi-square, empat spesies berasosiasi positif dengan *A. macrocalyx*, sedangkan 10 lainnya berasosiasi negatif (Tabel 1).

Asosiasi antara Spesies dan Karakteristik Tanah

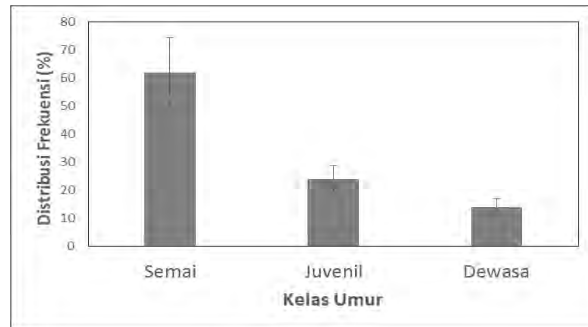
Hasil analisis tanah dari enam tipe habitat yang berbeda (tepi sungai, lereng bukit, puncak bukit, hutan alami, hutan terganggu, dan hutan terkonversi) di CA Pulau Waigeo Timur, Kepulauan Raja Ampat, disajikan dalam Tabel 2.

PEMBAHASAN

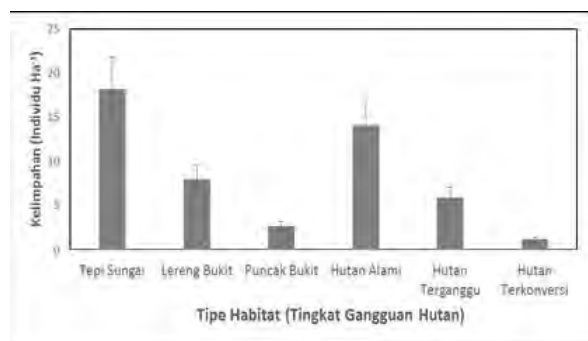
Hanya satu spesies tumbuhan dengan nilai penting (NP) besar berasosiasi positif dengan *A. macrocalyx*, yaitu *Tabernaemontana aurantiaca*. Di lain pihak, tiga spesies lainnya yang berasosiasi positif dengan spesies ini merupakan spesies Palmae berukuran kecil (*Licuala graminifolia*, *Sommieria leucophylla* dan *Orania regalis*) dengan NP kecil pula. Hal ini mengindikasikan bahwa ko-okurensi dan pola distribusi spesies lebih ditentukan oleh kecenderungan kesamaan preferensi terhadap kondisi atau karakteristik habitat, daripada oleh jumlah atau kelimpahan individunya.

Berdasarkan distribusi frekuensinya, populasi *A. macrocalyx* didominasi oleh semai, meliputi 62% dari populasi total pinang ini, sedangkan populasi *juvenile* dan dewasa secara berurutan berkontribusi sebesar 24% dan 14% (Gambar 1). Struktur populasi seperti ini mengindikasikan suatu populasi yang masih berkembang, di mana rekrutmen dan mortalitas dapat berlangsung secara simultan dan dipengaruhi oleh kelimpahan atau densitas individu. Besarnya proporsi semai mungkin juga merupakan strategi pinang ini untuk berkompetisi dengan spesies lain dan menjamin kesintasannya.

Besarnya populasi *A. macrocalyx* bervariasi



Gambar 1. Struktur populasi *A. macrocalyx* berdasarkan distribusi frekuensi kelas semai, juvenil dan dewasa di CA Pulau Waigeo Timur, Kepulauan Raja Ampat.



Gambar 2. Kelimpahan populasi *A. macrocalyx* di berbagai tipe habitat dan tingkat gangguan hutan di CA Pulau Waigeo Timur, Kepulauan Raja Ampat.

secara spasial, dimana tepi sungai dengan kondisi hutan masih alami (utuh) merupakan habitat paling sesuai. Walaupun pinang ini masih bisa tumbuh di puncak-puncak bukit yang kering, sangat basa, dan relatif terbuka tetapi populasinya menjadi sangat menurun (sangat jarang). Kondisi ini mirip dengan pola distribusi spesies-spesies palem lainnya, seperti *L. graminifolia* dan *O. regalis*. *Areca macrocalyx* nampak sangat sensitif terhadap terjadinya gangguan pada habitat, di mana proses rekrutmen nampak sangat tertekan, terutama pada habitat yang telah terkonversi (hanya ditemui 1 individu), di mana sebagian besar spesies asli telah hilang. Walaupun pinang ini masih dapat tumbuh pada habitat yang terganggu (dengan catatan sebagian besar spesies asli masih ada), populasinya nampak sangat menurun bila dibandingkan dengan populasi yang berkembang pada habitat yang masih utuh/alami (Gambar 2).

Tabel 1. Hasil pengujian asosiasi dengan menggunakan chi-square test statistic (χ^2) antara *A. macrocalyx* dengan 14 spesies lainnya (*co-occurring species*). Indeks Ochiai berkisar antara 0 (tidak ada asosiasi) sampai dengan 1 (terjadi asosiasi maksimum).

Pasangan spesies	Hasil uji statistik (Chi-square test)	Tipe asosiasi	Derajat/tingkat (Indeks Ochiai)
<i>Licuala graminifolia</i>	Berasosiasi	Positif	0.68
<i>Tabernaemontana aurantiaca</i>	Berasosiasi	Positif	0.64
<i>Orania regalis</i>	Berasosiasi	Positif	0.59
<i>Sommieria leucophylla</i>	Berasosiasi	Positif	0.56
<i>Pometia pinnata</i>	Berasosiasi	Negatif	0.48
<i>Casuarina rumphiana</i>	Berasosiasi	Negatif	0.48
<i>Hydriastele costata</i>	Berasosiasi	Negatif	0.45
<i>Planchonella chartacea</i>	Berasosiasi	Negatif	0.39
<i>Myrsine rawacensis</i>	Berasosiasi	Negatif	0.39
<i>Baeckea frutescens</i>	Berasosiasi	Negatif	0.38
<i>Decaspermum fruticosum</i>	Berasosiasi	Negatif	0.38
<i>Exocarpus latifolius</i>	Berasosiasi	Negatif	0.37
<i>Dransfieldia micranta</i>	Berasosiasi	Negatif	0.23
<i>Livistona rotundifolia</i>	Berasosiasi	Negatif	0.15

Tabel 2. Hasil analisis tanah dari enam tipe habitat yang berbeda di CA Pulau Waigeo Timur, Kepulauan Raja Ampat. TS: Tepi Sungai Kamtabae (base camp), LB: Lereng Bukit sebelah utara base camp, PB: Puncak Bukit sebelah selatan base camp, HT: Hutan Terganggu sebelah timur base camp, HA: Hutan Alami sebelah barat base camp, HK: Hutan Konversi dekat Kampung Waifoi. L1 (TS): Horizon Ao (0-13 cm), L2 (TS): Horizon A1 (13-48.5 cm), L3 (TS): Horizon A2 (48.5-78.5 cm), L4 (TS): Horizon AB (78.5-148 cm). L1 (LB): Horizon Ao (0-7 cm), L2 (LB): Horizon A1 (7-18 cm), L3 (LB): Horizon A2 (18-32.5 cm), L4 (LB): Horizon AC (32.5-86.5 cm). L1 (PB): Horizon Ao (0-20 cm), L2 (PB): Horizon A1 (20-40 cm), L3 (PB): Horizon A2 (40-60 cm), L4 (PB): Horizon AB (60-80 cm). L1 (HT): Horizon Ao (0-15 cm), L2 (HT): Horizon A1 (15-35 cm), L3 (HT): Horizon A2 (35-75 cm). L1 (HA): Horizon Ao (0-16 cm), L2 (HA): Horizon A1 (16-40 cm). L1 (HK): Horizon Ao (0-10 cm).

Parameter	Tepi Sungai				LB				PB				HT			HA		HK
	(TS)				(Lereng Bukit)				(Puncak Bukit)				(Hutan Terganggu)			(Hutan Alami)		(Hutan Konversi)
	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L1	L2	L1
pH	6.6	6.8	6.9	7.1	6.6	6.8	7	7.1	6	6.1	6.6	6.9	6.1	6.1	6.2	6.4	6.8	7.2
C/N	8	8	10	8	7	9	9	11	8	9	8	8	12	9	8	8	8	12
Ca ²⁺	10	8	5.6	7.5	16	17	13	10	1.4	1.3	1.5	0.8	11.7	10.5	10.7	2.5	1.4	3.3
Mg ²⁺	25	29	25	27	20	18	19	17	4.8	4	2.4	6.1	5.9	8.2	13.9	18.1	17.2	11.3
K ⁺	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Na ⁺	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
Al ³⁺	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0
H ⁺	0	0.1	0	0.1	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Empat spesies tumbuhan yang berasosiasi positif dengan *A. macrocalyx* (yaitu *Licuala graminifolia*, *Tabernaemontana aurantiaca*, *Orania regalis*, dan *Sommieria leucophylla*) menunjukkan tingkat asosiasi yang kuat (OI >0.5). *Pometia pinnata* dan spesies dataran tinggi semu (*pseudomontana*) seperti *Casuarina rumphiana* dan palem *Hydriastele costata* menunjukkan

tingkat asosiasi yang cukup dekat pula dengan *A. macrocalyx*, walaupun tipe asosiasinya negatif. Sebaliknya, walaupun di beberapa plot palem *Dransfieldia micranta* dan *Livistona rotundifolia* nampak berada bersama-sama dengan *A. macrocalyx*, ko-okurensi mereka ternyata tidak kontinu dan ini mengindikasikan preferensi habitat yang berbeda atau distribusi yang terpecah (tidak homogen)

(Tabel 1).

Beberapa parameter edafik secara berkaitan atau dalam bentuk kombinasi nampak mempengaruhi kelimpahan dan distribusi *A. macrocalyx*. Pinang ini mempunyai preferensi habitat yang cenderung lembap, tetapi dengan kualitas drainase yang baik (air tidak menggenang), dengan kandungan magnesium (Mg^{2+}) dan kalsium (Ca^{2+}) yang tinggi. Populasi terbesar terdapat di sepanjang tepi sungai Kamtabae (sekitar base camp) di mana konsentrasi Mg^{2+} tercatat paling tinggi (Tabel 2).

Terdapat korelasi positif antara kelimpahan *A. macrocalyx* dengan kandungan mineral tanah, khususnya Mg^{2+} . Tiga koloni terbesar terdapat pada habitat di mana kandungan Mg^{2+} sangat tinggi, yaitu di tepi sungai (sebanyak 18.2 individu ha^{-1} dengan rata-rata kandungan Mg^{2+} sebesar $26,5 \pm 1,9$ $cmol(+)/kg$), hutan alami (14,1 individu ha^{-1} dengan rata-rata kandungan Mg^{2+} sebesar $17,7 \pm 0,6$ $cmol(+)/kg$), dan lereng bukit (8,0 individu ha^{-1} dengan rata-rata kandungan Mg^{2+} sebesar $18,5 \pm 1,3$ $cmol(+)/kg$) (Tabel 2). Pinang ini cenderung tumbuh pada habitat dengan rasio karbon/nitrogen (C/N) rendah-sedang, di mana sebagian besar populasi tumbuh di habitat dengan $C/N < 10$.

KESIMPULAN

Ukuran populasi *A. macrocalyx* di pulau Waigeo bervariasi secara spasial dan kelas semai sangat sering ditemui. Area lembap di tepi sungai, tetapi tidak tergenang, dengan kondisi hutan masih baik dan kandungan magnesium yang tinggi merupakan habitat paling sesuai untuk tumbuh dan berkembang. Ko-okurensi dan pola distribusi spesies nampak lebih ditentukan oleh kecenderungan kesamaan preferensi terhadap kondisi atau karakteristik habitat, daripada oleh jumlah atau kelimpahan individu tumbuhan.

Areca macrocalyx nampak sangat sensitif terhadap terjadinya gangguan, di mana proses rekrutmen nampak tertekan, terutama pada habitat-habitat yang telah terganggu secara serius, di mana sebagian besar spesies asli telah hilang dan

proses-proses alami menjadi rusak. Empat spesies lokal (*Licuala graminifolia*, *Tabernaemontana aurantiaca*, *Orania regalis*, dan *Sommieria leucophylla*) berasosiasi positif dengan *A. macrocalyx* dan ini mengindikasikan adanya keterkaitan proses kehidupan antar spesies tersebut (*species interconnectedness*), dan fenomena ini perlu diteliti lebih lanjut. Untuk itu, efektivitas konservasi spesies ini akan sangat tergantung pada kontinuitas pengelolaan dan proteksi yang memadai terhadap tipe-tipe habitatnya yang paling sesuai untuk berkembang beserta faktor-faktor biotik yang mempengaruhinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Armbruster, WS. 1995. The origins and detection of plant community structure: reproductive versus vegetative processes. *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica* 30: 483-497.
- Ashton, PS. 1998. Niche specificity among tropical trees: a question of scales. In: Newbery, DM., HHT. Prins, & ND. Brown (eds). *Dynamics of Tropical Communities*. Blackwell Science, Oxford.
- Baillie, IC., PS. Ashton, MN. Court, JAR. Anderson, EA. Fitzpatrick, & J. Tinsley. 1987. Site characteristics and the distribution of tree species in mixed dipterocarp forest on tertiary sediments in Central Sarawak. *Malaysia. Journal of Tropical Ecology* 3: 201-220.
- Begon, M., JL. Harper, & CR. Townsend. 1996. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. Third Edition. Blackwell. Oxford.
- Bell, G. 2000. Neutral Macroecology. *Science* 293: 2413-2418.
- Campbell, GS. 1985. *Soil Physics with BASIC: Transport Models for Soil – Plant Systems*. Elsevier. Amsterdam.
- Chisholm, RA. & MA. Burgman. 2004. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography: Comment. *Ecology* 85 (11): 3172-3174.

- Christie, DA. & JJ. Armesto. 2003. Regeneration microsites and tree species coexistence in temperate rainforests of Chiloe Island, Chile. *Journal of Ecology*. 91: 776-784.
- Clark, DB., DA. Clark, & JM. Read. 1998. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. *Journal of Ecology*. 86: 101-112.
- Clark, DB., MW. Palmer, & DA. Clark. 1999. Edaphic factors and the landscape-scale distributions of tropical tree species. *Ecology* 80: 2662-2675.
- Condit, R., PS. Ashton, P. Baker, S. Bunyavejchewin, S. Gunatilleke, N. Gunatilleke, SP. Hubbell, RB. Foster, A. Itoh, JV. LaFrankie, HS. Lee, E. Losos, N. Manokaran, R. Sukumar, & T. Yamakura. 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical trees. *Science* 288: 1414-1418.
- Cox, GW. 1974. *Laboratory Manual of General Ecology*. 2nd edition. Printed in the United States of America.
- Cropper, SC. 1993. *Management of Endangered Plants*. Jenkin Buxton Printers Pty Ltd. Melbourne.
- Davie, J. & E. Sumardja. 1997. The protection of forested coastal wetlands in Southern Sumatra: a regional strategy for integrating conservation and development. *Pacific Conservation Biology* 3: 366-378.
- Duivenvoorden, JF. 1995. Tree species composition and rain forest – environment relationships in the middle Caqueta, Colombia, NW Amazon. *Vegetatio* 120: 91-113.
- Duivenvoorden, JF. 1996. Patterns of tree species richness in rain forests of the middle Caqueta area, Colombia, NW Amazonia. *Biotropica* 28: 142-158.
- Edmunds, J., JM. Cushing, RF. Costantino, SM. Henson, B. Dennis, & RA. Desharnais. 2003. Park's *Tribolium* competition experiments: a non-equilibrium species coexistence hypothesis. *Journal of Animal Ecology*. 72: 703-712.
- Gartlan, S., DM. Newbery, DW. Thomas, & PG. Waterman. 1986. The influence of topography and soil phosphorus on the vegetation of Korup Forest reserve, Cameroon. *Vegetatio* 65: 131-148.
- Gentry, AH. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 1-34.
- Groeneveld, J., NJ. Enright, BB. Lamont, & C. Wissel. 2002. A spatial model of coexistence among three *Banksia* species along a topographic gradient in fire-prone shrublands. *Journal of Ecology* 90: 762-774.
- Hall, JS., JJ. McKenna, PMS. Ashton, & TG. Gregoire. 2004. Habitat characterizations underestimate the role of edaphic factors controlling the distribution of *Entandrophragma*. *Ecology* 85 (8): 2171-2183.
- Harms, KE., SJ. Wright, O. Calderon, A. Hernandez, & EA. Herre. 2000. Pervasive density-dependent recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. *Nature* 404: 493-495.
- Hatfield, JS., WA. Link, DK. Dawson, & EL. Lindquist. 1996. Coexistence and community structure of tropical trees in a Hawaiian montane rain forest. *Biotropica* 28 (4): 746-758.
- Higgs, AJ. & MB. Usher. 1980. Should reserves be large or small? *Nature* 285: 568-569.
- House, AP. 1984. The Ecology of *Oncosperma horridum* on Siberut Island, Indonesia. *Principes* 28 (2): 85-89.
- Hubalek, Z. 1982. Coefficients of association and similarity based on binary (presence-absence) data: an evaluation. *Biological Reviews* 57: 669-689.
- Hubbell, SP. 2001. *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography: Monographs in Population Biology*. Princeton University Press. Princeton.

- Janson, S. & J. Vegelius. 1981. Measures of ecological association. *Oecologia* 49: 371-376.
- Kahn, F. & K. Mejia. 1990. Palm communities in wetland forest ecosystems of Peruvian Amazonia. *Forest Ecology & Management* 33 & 34: 169-179.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row Publishers. New York.
- Ludwig, J.A. & J.F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology, A Premier on Methods and Computing*. John Wiley and Sons. New York.
- Mohler, C.L. 1990. Co-occurrence of Oak Subgenera: implications for niche differentiation. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 117 (3): 247-255.
- Molino, J.F. & D. Sabatier. 2001. Tree diversity in tropical rain forests: a validation of the intermediate disturbance hypothesis. *Science* 294: 1702-1704.
- Moraes, M.R. 1996. Diversity and distribution of palms in Bolivia. *Principes* 40 (2): 75-85.
- Morisita, M. 1959. Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University Serie E (Biology)* 3 (1): 65-80.
- Mueller-Dombois, D. & H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Nakashizuka, T. 2001. Species coexistence in temperate, mixed deciduous forests. *Trends in Ecology and Evolution* 2 (1): 24-26
- Olsen, S.R. & L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. In: page, A.L. (Ed.). *Methods in Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy. Madison, WI.
- Palmiotto, P.A., S.J. Davies, K.A. Vogt, M.S. Ashton, D.J. Vogt, & P.S. Ashton. 2004. Soil-related habitat specialization in dipterocarp rain forest tree species in Borneo. *J of ecology*. 92: 609-623.
- Phillips, V.D. 1998. Peatswamp ecology and sustainable development in Borneo. *Biodiversity and Conservation*. 7 (5): 651-671.
- Potts, M.D., P.S. Ashton, L.S. Kaufman, & J.B. Plotkin. 2002. Habitat patterns in tropical rainforests: a comparison of 105 plots in Northwest Borneo. *Ecology* 83: 2782-2797.
- Poulsen, A.D. 1996. Species richness and density of ground herbs within a plot of lowland rainforest in north-west Borneo. *Journal of Tropical Ecology*. 12: 177-190.
- Real, R. & M. Vargas. 1996. The probabilistic basis of Jaccard's Index of Similarity. *Systemic Biology*. 45 (3): 380-385.
- Richter, D.D., & L.I. Babbar. 1991. Soil diversity in the tropics. *Advanced Ecology and Restoration*. 21: 315-389.
- Sambas, E.N., C. Kusmana, L.B. Prasetyo, & T. Partomihardjo. 2013. Preferensi ekologis jenis-jenis tumbuhan dominan di Gunung Endut, Banten. *Jurnal Biologi Indonesia*. 9 (2): 209-218.
- Schluter, D. 1984. A variance test for detecting species associations with some example applications. *Ecology*. 65: 998-1005.
- Silvertown, J. & R. Law. 1987. Do plants need niches? Some recent developments in plant community ecology. *Trends in Ecology and Evolution*. 2 (1): 24-26.
- Sollins, P. 1998. Factors influencing species composition in tropical lowland rain forest: does soil matter? *Ecology*. 79: 23-30.
- Suarez, D.L. 1996. Magnesium and calcium. In: Bigham, J.M. (Ed.). *Methods of Soil Analysis Part 5 Chemical Methods*. Soil Science Society of America. Madison, WI. 575-602.
- Svenning, J.C. 1999. Microhabitat specialization in a species-rich palm community in Amazonian Ecuador. *Journal of Ecology*. 87: 55-65.
- Svenning, J.C. 2001. On the role of microenvironmental heterogeneity in the ecology and diversification of Neotropical rain forest palms (Arecaceae). *The Botanical Review*. 67: 1-53.
- Swaine, M.D. 1996. Rainfall and soil fertility as factors limiting forest species distributions

- in Ghana. *Journal of Ecology*. 84: 419-428.
- Tarbutck, EJ. & FK. Lutgens. 2004. *Earth Science* 9th Edition (Chapter 18. Climate). Pearson Prentice Hall Companion.
- Tiessen, H. 1998. Resilience of phosphorus transformations in tropical forests and derived ecosystems. In: Schulte, A. & D. Ruhayat (eds). *Soils of Tropical Forest Ecosystems Characteristics, Ecology and Management*. Springer-Verlag, Berlin. 92-98.
- Tomlinson, PB. 1979. Systematics and ecology of the Palmae. *Annals Review Ecology and Systematic*. 10: 85-107.
- Tomlinson, PB. 1990. *The Structural Biology of Palms*. Clarendon Press Oxford. Oxford.
- Tucker, R. 1992. Experiences with *Cyrtostachys renda*. *Mooreana Journal of Palm* 2: 11-16.
- Van der Heijden, MGA, A. Wiemken, & IR. Sanders. 2003. Different arbuscular mycorrhizal fungi alter coexistence and resource distribution between co-occurring plants. *New Phytologist*. 157: 569-578.
- Vitousek, P. & RL. Sanford. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forests. *Annals Review of Ecology and Systematic*. 17: 137-167.
- Webb, CO. & DR. Peart. 2000. Habitat associations of trees and seedlings in a Bornean rain forest. *Journal of Ecology* 88, 464-478.
- Widyatmoko, D. 2001. *Autecology and Conservation Management of a Rare Palm Species: The Case Study of Lipstick Palm *Cyrtostachys renda* Blume in Kerumutan Wildlife Sanctuary, Sumatra*. [PhD Dissertation]. Bogor: Bogor Agricultural University.
- Widyatmoko, D., MA. Burgman, E. Guhardja, JP. Moge, EB. Walujo, & D. Setiadi. 2005. Population status, demography and habitat preferences of the threatened lipstick palm *Cyrtostachys renda* Blume in Kerumutan Reserve, Sumatra. *Acta Oecologica*. 28: 107-118.
- Widyatmoko, D. & MA. Burgman. 2006. Influences of edaphic factors on the distribution and abundance of a rare palm (*Cyrtostachys renda*) in a peat swamp forest in eastern Sumatra, Indonesia. *Australian Ecology*. 31 (8): 964-974.
- Widyatmoko, D. 2009. Seed germination, seedling establishment and vegetative development of the threatened palm *Cyrtostachys renda* Blume. *Jurnal Biologi Indonesia*. 5 (4): 391-410.
- Widyatmoko, D. 2010. Plant β diversity and composition in mount Nok and the Waifoi forest of the Waigeo, Raja Ampat Islands: with special reference to the threatened species. *Jurnal Biologi Indonesia*. 6 (2):195-209.