Jurnal Silva Samalas
Journal of Forestry and Plant Science
Vol. 9, No. 2
p-ISSN: 2621-6779
e-ISSN: 2776-7175
pp. 148-162

DINAMIKA TUTUPAN LAHAN (2015–2025) DAN AVIFAUNA PASCARESTORASI DI SUAKA MARGASATWA PALIYAN, INDONESIA: INTEGRASI DYNAMIC WORLD DENGAN DATA KEANEKARAGAMAN HAYATI BERBASIS PATROLI

Taufan Kharis[1*], Siti Rohimah[2], Adhi Warsito[3], Yusuf Amin[4], Imam Sujadi[5], Riza Ramadhana[6], Fathonanisa Firdaus[7], Agus Sunarto[8], Bintoko[9]

[13]Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia
[2456789]Balai Konservasi Sumber Daya Alam (Balai KSDA) Yogyakarta, Kementerian Kehutanan, Yogyakarta, Indonesia
Email Korespondensi: tovankharis@gmail.com

Abstract

This study aimed to quantify land cover changes from 2015 to 2025 and examine bird communities within a restored landscape. Land cover was analyzed using 10 m resolution Dynamic World modal composites, reclassified into four categories. Bird data comprised 417 patrol records collected by the Yogyakarta Natural Resources Conservation Agency over 189 survey days (July 2023–October 2026). Analyses included diversity indices, rarefaction, Chao1 richness estimation, feeding guild classification, and habitat use–availability comparisons using 100 m buffers and 2,000 random points. Tall vegetation increased from 194.4 ha (44.7%) to 319.8 ha (73.6%), while low vegetation declined from 223.5 to 105.4 ha. Canopy expansion slowed from 8.3% to 2.0% annually, while open land increased by 6.4 ha. A total of 64 bird taxa were recorded, including 57 identified species (H′ = 2.91; J = 0.72; Chao1 = 89), 10 protected species, and the Endangered Java Sparrow (Padda oryzivora). Insectivores dominated species richness (49%), while the generalist Sooty-headed Bulbul accounted for 23% of individuals. Land cover use was proportional to availability (χ^2 = 1.18; p = 0.55), although differences in buffer characteristics (p < 0.001) indicated observer accessibility bias, highlighting the need for standardized monitoring to improve habitat assessments.

Keywords: *avifauna, Dynamic World, habitat use, karst restoration, wildlife sanctuary*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengkuantifikasi perubahan tutupan lahan selama 2015–2025 dan mengkaji komunitas burung pada lanskap restorasi. Tutupan lahan dianalisis menggunakan komposit modal Dynamic World (10 m) yang direklasifikasi menjadi empat kelas. Data burung mencakup 417 catatan patroli Balai KSDA Yogyakarta selama 189 hari survei (Juli 2023–Oktober 2026). Analisis meliputi indeks keanekaragaman, rarefaksi, Chao1, guild pakan, dan perbandingan penggunaan–ketersediaan habitat menggunakan *buffer* 100 m serta 2.000 titik acak. Vegetasi tinggi meningkat dari 194,4 ha (44,7%) menjadi 319,8 ha (73,6%), sedangkan vegetasi rendah menurun dari 223,5 menjadi 105,4 ha. Laju pertambahan tajuk melambat dari 8,3% menjadi 2,0% per tahun, sementara lahan terbuka bertambah 6,4 ha. Tercatat 64 taksa burung, termasuk 57 spesies teridentifikasi (H′ = 2,91; J = 0,72; Chao1 = 89), 10 spesies dilindungi, dan Gelatik jawa (*Padda oryzivora*) berstatus Endangered. Insektivora mendominasi kekayaan spesies (49%), sedangkan Cucak kutilang menyumbang 23% individu. Penggunaan tutupan lahan sebanding dengan ketersediaannya (χ^2 = 1,18; p = 0,55), tetapi perbedaan karakteristik *buffer* (p < 0,001) mengindikasikan bias aksesibilitas pengamat sehingga diperlukan pemantauan terstandar untuk evaluasi habitat yang lebih akurat.

Kata Kunci: avifauna, Dynamic World, penggunaan habitat, restorasi karst, suaka margasatwa

***How to** Cite:* Kharis, T., Rohimah, S., Warsito, A., Amin, Y., Sujadi, I., Ramadhana, R., … Bintoko, B. (2026). DINAMIKA TUTUPAN LAHAN (2015–2025) DAN AVIFAUNA PASCARESTORASI DI SUAKA MARGASATWA PALIYAN, INDONESIA: INTEGRASI DYNAMIC WORLD DENGAN DATA KEANEKARAGAMAN HAYATI BERBASIS PATROLI. *Jurnal Silva Samalas*, *9*(2), 148–162. https://doi.org/10.33394/jss.v9i2.23305

Copyright© 2026, Kharis et al
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.

PENDAHULUAN

Kawasan karst Gunung Sewu di bagian selatan Yogyakarta dicirikan oleh tanah yang tipis, lereng yang curam, dan air permukaan yang langka. Kondisi tersebut membuat vegetasinya sangat rentan terhadap gangguan dan lambat pulih setelah terdegradasi. Di tengah lanskap yang didominasi pertanian lahan kering dan permukiman, Suaka Margasatwa Paliyan merupakan salah satu dari sedikit petak habitat berhutan yang tersisa. Kawasan ini memiliki luas 434,834 ha yang mencakup Kapanewon Paliyan dan Saptosari, Kabupaten Gunungkidul. Suaka margasatwa ini ditetapkan pada tahun 2000 melalui perubahan fungsi petak hutan produksi 136–141 (Nahdi, 2014; Anggraeni & Faida, 2020). Pada saat penetapan, sebagian besar kawasan telah beralih fungsi menjadi lahan garapan. Pemulihan dimulai melalui Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan dan dilanjutkan sejak 2005 melalui kemitraan antara Kementerian Kehutanan, Balai KSDA Yogyakarta, dan Mitsui Sumitomo Insurance Group yang menanam jenis asli karst dan jenis pohon serbaguna.

Restorasi hutan tropis pada lahan terdegradasi dapat memulihkan sebagian keanekaragaman hayati dan jasa ekosistem yang hilang (Chazdon, 2008). Meskipun demikian, hutan sekunder dan hutan hasil restorasi jarang dapat menggantikan hutan primer bagi spesies spesialis (Gibson *et al.*, 2011). Burung banyak digunakan untuk mengevaluasi hasil restorasi karena responsif terhadap struktur vegetasi, relatif mudah dideteksi, dan menjalankan fungsi ekologis penting seperti penyerbukan, pemencaran biji, dan pengendalian serangga (Sekercioglu, 2006; Catterall *et al.*, 2012). Di Indonesia, nilai konservasi avifauna juga dipengaruhi oleh perdagangan burung kicau yang telah mendorong beberapa takson Sunda menuju kepunahan (Eaton *et al.*, 2015; Harris *et al.*, 2017). Oleh karena itu, kawasan konservasi seperti Paliyan berpotensi menjadi tempat perlindungan (*refugia*) bagi spesies yang mengalami tekanan di lanskap sekitarnya.

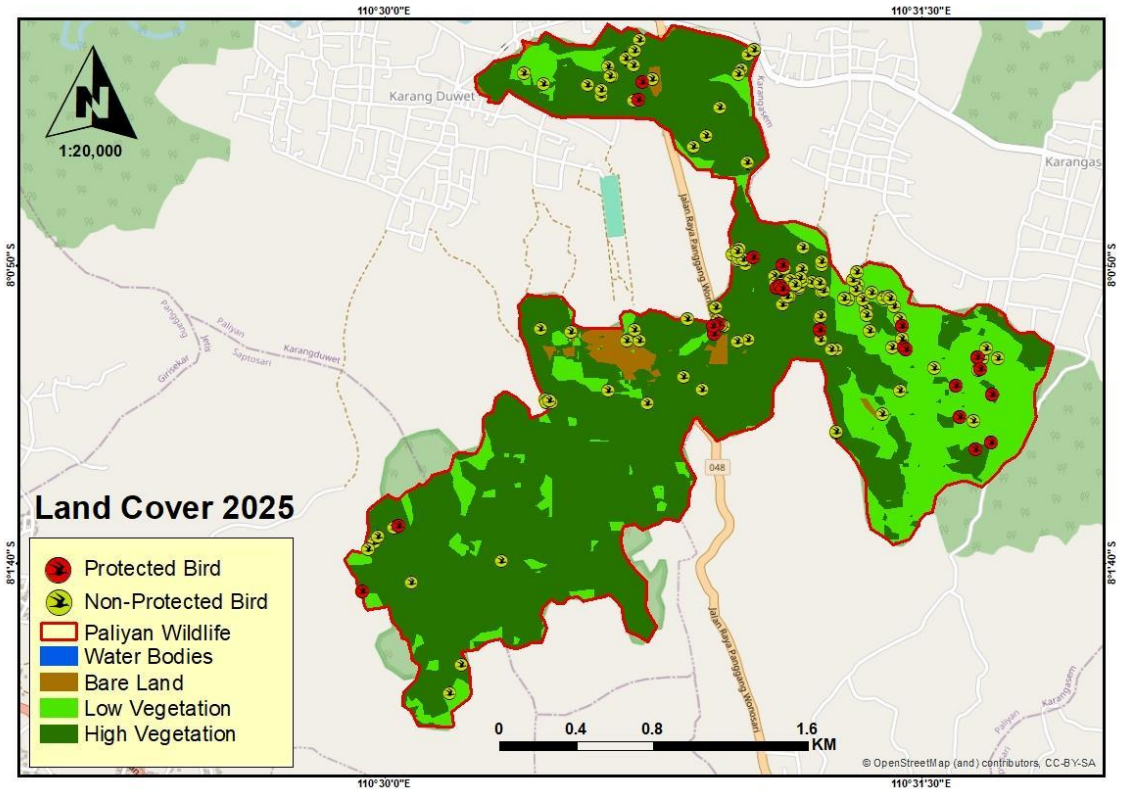
Pemantauan kawasan konservasi semakin didukung oleh produk tutupan lahan global beresolusi tinggi. Dynamic World menyediakan klasifikasi tutupan lahan hampir *real-time* beresolusi 10 m yang diturunkan dari citra Sentinel-2 (Brown *et al.*, 2022) dan dapat diolah langsung pada Google Earth Engine (Gorelick *et al.*, 2017). Di sisi lain, pengelola kawasan konservasi secara rutin mengumpulkan catatan perjumpaan satwa liar selama kegiatan patroli. Catatan tersebut kaya informasi spasial, tetapi karena dikumpulkan secara oportunistik, data tersebut mengandung bias pengamat (Isaac & Pocock, 2015). Penggabungan kedua sumber data dapat menunjukkan bagaimana lanskap hasil restorasi berubah selama satu dekade dan bagaimana komunitas burung saat ini tersebar di dalamnya. Sepanjang pengetahuan penulis, kajian semacam ini belum pernah dilakukan di Paliyan.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengkuantifikasi dinamika tutupan lahan Suaka Margasatwa Paliyan pada tahun 2015, 2020, dan 2025, termasuk perubahan bersih dan pertukaran antarkelas; (2) mendeskripsikan komposisi, keanekaragaman, struktur guild, dan status konservasi avifauna yang tercatat selama patroli 2023–2026; serta (3) menguji apakah catatan burung berasosiasi dengan tutupan lahan saat ini secara berbeda dari ketersediaannya, sekaligus mengevaluasi bias pengamat yang melekat pada data patroli. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi masukan bagi evaluasi restorasi dan perancangan pemantauan keanekaragaman hayati di kawasan konservasi karst.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Suaka Margasatwa Paliyan, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta (±8°00′30″–8°02′10″ LS; 110°29′30″–110°32′00″ BT; Gambar 1). Kawasan ini berupa perbukitan karst pada ketinggian ±100–300 m dpl dengan lereng yang sebagian besar curam dan tanah yang tipis (Nahdi, 2014). Kawasan terbagi menjadi beberapa blok oleh jalan Panggang–Wonosari dan dikelilingi permukiman serta lahan pertanian Desa Karangasem, Karangduwet, dan desa-desa sekitarnya. Batas digital kawasan yang digunakan adalah batas yang dikelola Balai KSDA Yogyakarta.



Gambar 1. Suaka Margasatwa Paliyan beserta tutupan lahan 2025 (komposit Dynamic World Januari 2024–Juni 2025) dan catatan burung tahun 2024 (merah: dilindungi; kuning: tidak dilindungi).

Data dan Klasifikasi Tutupan Lahan

Tutupan lahan diekstraksi dari koleksi GOOGLE/DYNAMICWORLD/V1 pada Google Earth Engine (Gorelick *et al.*, 2017). Untuk setiap periode, seluruh citra yang beririsan dengan batas kawasan dipilih, lalu label kelas setiap piksel diringkas sebagai nilai modus untuk mengurangi pengaruh awan dan variasi musiman (Brown *et al.*, 2022). Sembilan kelas Dynamic World direklasifikasi menjadi empat kelas. Kelas *water* menjadi badan air; *trees* menjadi vegetasi tinggi; *flooded vegetation*, *crops*, serta *shrub and scrub* menjadi vegetasi rendah; sedangkan *grass*, *built area*, *bare ground*, dan *snow/ice* menjadi lahan terbuka. Luas setiap kelas dihitung menggunakan ee.Image.pixelArea() pada skala 10 m. Karena total luas hasil penjumlahan piksel (434,30–434,43 ha) sedikit berbeda dari luas definitif kawasan (434,834 ha) akibat efek piksel pada batas kawasan, selisih luas tersebut didistribusikan secara proporsional ke tiga kelas daratan (lahan terbuka, vegetasi rendah, dan vegetasi tinggi), sedangkan luas badan air dipertahankan sesuai hasil raster. Karena Dynamic World baru tersedia sejak 27 Juni 2015, panjang jendela komposit berbeda antarperiode (Tabel 1) sehingga perlu dipertimbangkan dalam menafsirkan hasil.

Tabel 1. Jendela waktu komposit Dynamic World untuk setiap periode tutupan lahan

Periode	Tanggal awal	Tanggal akhir	Durasi	Keterangan
2015	27 Juni 2015	1 Januari 2018	±30 bulan	Awal ketersediaan Dynamic World
2020	1 Januari 2019	25 Mei 2020	±17 bulan	Didominasi musim hujan 2019/2020
2025	1 Januari 2024	25 Juni 2025	±18 bulan	Bertumpang tindih dengan catatan burung 2024

Analisis Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan bersih setiap kelas dihitung sebagai selisih luas antarperiode, sedangkan laju pertumbuhan tahunan majemuk dihitung dengan persamaan:

$$r = (A_2/A_1)^{1/t} - 1 \quad \text{..... (1)}$$

A_1 dan A_2 adalah luas kelas pada awal dan akhir periode, sedangkan t adalah lama periode (tahun). Heterogenitas lanskap pada setiap periode dinyatakan dengan indeks Shannon dari proporsi keempat kelas. Untuk memisahkan perubahan bersih dari pertukaran antarkelas (*swap*; Pontius *et al.*, 2004), peta hasil klasifikasi setiap periode yang telah dikartografikan di ArcMap pada skala 1:20.000 direferensikan ulang (*re-georeferenced*) pada grid ±5 m. Matriks transisi kemudian disusun untuk periode 2015→2020, 2020→2025, dan 2015→2025. Piksel yang tertutup simbol, label, atau legenda pada salah satu peta dikeluarkan dari analisis sehingga analisis transisi mencakup 304,0 ha (69,9% kawasan) yang dapat dibandingkan pada ketiga periode. Proporsi kelas dari peta yang direferensikan ulang berbeda kurang dari 2 poin persentase dibandingkan proporsi kelas hasil Earth Engine. Setiap piksel juga diberi kategori trajektori vegetasi tinggi, yaitu stabil (vegetasi tinggi pada ketiga periode), baru (bukan vegetasi tinggi pada 2015 tetapi menjadi vegetasi tinggi pada 2025), hilang, berfluktuasi, atau tetap bukan vegetasi tinggi.

Dalam penelitian ini, keberhasilan restorasi hanya dinilai dengan indikator struktural tutupan lahan, yaitu (1) luas dan proporsi vegetasi tinggi, (2) laju pertambahannya, dan (3) persistensi tajuk yang diukur sebagai proporsi vegetasi tinggi stabil. Indikator tersebut menggambarkan pemulihan tutupan tajuk, bukan kualitas habitat atau pemulihan fungsi ekologis. Indikator kualitas, seperti komposisi dan struktur vegetasi, regenerasi alami jenis asli, serta keberadaan spesies spesialis hutan, tidak diukur secara langsung dan hanya dibahas sebagai indikator pelengkap.

Data Burung

Data burung berasal dari basis data keanekaragaman hayati Paliyan yang dihimpun staf Balai KSDA Yogyakarta, terutama Seksi Konservasi Wilayah II, selama patroli rutin dan inventarisasi pada Juli 2023–Oktober 2026. Setiap catatan memuat tanggal, waktu, nama spesies, jumlah individu, cara deteksi, status perlindungan sesuai entri staf, dan koordinat GPS. Dari 532 catatan fauna, diekstraksi 417 catatan burung. Ejaan nama lokal diseragamkan dan nama ilmiah diperbarui mengikuti taksonomi terkini (Eaton *et al.*, 2021). Tujuh nama yang tidak dapat diidentifikasi hingga tingkat spesies (misalnya ‘Kedasih’ dan ‘Emprit bondol’) dikategorikan sebagai non-spesifik. Taksa tersebut tidak disertakan dalam perhitungan indeks keanekaragaman dan analisis komposisi agar tidak menggelembungkan kekayaan spesies, tetapi tetap digunakan dalam analisis spasial.

Seluruh analisis menggunakan tahun pengamatan asli. Catatan dikelompokkan menjadi tiga periode, yaitu 2024 (206 catatan; Januari–Desember), 2026 (110 catatan; Januari–Oktober), dan kelompok gabungan 2023+2025 (101 catatan; Juli–Desember 2023 dan 2025). Catatan 2023 dan 2025 tidak dapat dipisahkan karena telah tergabung dalam berkas kerja. Upaya survei diukur sebagai jumlah hari survei unik pada setiap periode. Status perlindungan diambil dari entri data dan diverifikasi silang dengan Peraturan Menteri LHK Nomor P.106/2018 (KLHK, 2018) serta kategori Daftar Merah IUCN (IUCN, 2024).

e. Analisis Komunitas

Struktur komunitas dihitung berdasarkan jumlah individu setiap spesies. Indeks yang digunakan meliputi kekayaan spesies (S), indeks Margalef, indeks Shannon–Wiener (Shannon, 1948), kemerataan Pielou (Pielou, 1966), dan indeks Simpson (Magurran, 2004) dengan persamaan:

$$H' = -\Sigma\, p_i \ln p_i \;;\quad J = H'/\ln S \;;\quad D = 1 - \Sigma\, p_i^2 \quad \text{..... (2)}$$

p_i adalah proporsi individu spesies ke-i terhadap total individu. Kekayaan spesies sebenarnya diduga dengan penduga Chao1 (Chao, 1984). Karena upaya survei dan jumlah individu berbeda antarperiode, kekayaan spesies dibandingkan menggunakan rarefaksi berbasis individu hingga ukuran sampel terkecil (n = 230) (Gotelli & Colwell, 2001). Kurva akumulasi spesies berbasis hari disusun dari 200 pengacakan urutan hari survei. Kemiripan komposisi antarperiode diukur dengan indeks Jaccard dan Sørensen. Setiap spesies dikelompokkan ke dalam guild pakan (insektivora, frugivora, granivora, nektarivora, karnivora, piscivora, omnivora) dan afinitas habitat (hutan, tepi/generalis, terbuka) mengacu pada MacKinnon *et al.* (2010) dan Eaton *et al.* (2021). Ketidakpastian Chao1 dinyatakan dengan varians dan selang kepercayaan 95% berbasis transformasi log-normal (Chao, 1987). Karena penduga klasik sensitif terhadap jumlah *doubleton* yang kecil, Chao1 terkoreksi bias juga dihitung sebagai pembanding (Gotelli & Colwell, 2011).

Identifikasi Bubut jawa (*Centropus nigrorufus*) di habitat karst kering tergolong tidak lazim (lihat bagian c pada Hasil dan Pembahasan) sehingga identifikasinya diperlakukan sebagai sementara. Sebagai uji sensitivitas, metrik komunitas, jumlah spesies dilindungi, dan komposisi guild dihitung ulang tanpa catatan spesies tersebut.

Asosiasi Burung dengan Tutupan Lahan

Asosiasi antara catatan burung dan tutupan lahan dianalisis dalam kerangka penggunaan–ketersediaan (*use–availability*) (Manly *et al.*, 2002). Peta tutupan lahan 2025 digunakan sebagai acuan karena jendela kompositnya (Januari 2024–Juni 2025) paling dekat dengan periode pengamatan burung. Komposisi tutupan lahan dihitung dalam *buffer* berjari-jari 100 m di sekitar setiap catatan (koordinat asli; n = 414 catatan dengan cakupan piksel yang memadai). Komposisi yang sama dihitung untuk 2.000 titik acak di dalam kawasan sebagai ukuran ketersediaan. Variabel yang dibandingkan meliputi proporsi setiap kelas, proporsi vegetasi tinggi stabil dan baru (dari kategori trajektori), heterogenitas Shannon di dalam *buffer*, dan proporsi *buffer* tepi (10–90% vegetasi tinggi). Perbedaan diuji menggunakan uji Mann–Whitney U.

Seleksi kelas tutupan lahan dominan dinilai menggunakan rasio seleksi Manly dengan selang kepercayaan terkoreksi Bonferroni dan uji χ^2 *goodness-of-fit*:

$$w_i = u_i / a_i \quad \text{..... (3)}$$

u_i adalah proporsi catatan yang menggunakan kelas i dan a_i adalah proporsi ketersediaan kelas i. Nilai w_i yang selang kepercayaannya mencakup 1 menunjukkan penggunaan yang sebanding dengan ketersediaan. Perbedaan proporsi vegetasi tinggi antarkelompok afinitas habitat, serta antara spesies dilindungi dan tidak dilindungi, diuji dengan uji Kruskal–Wallis dan Mann–Whitney. Sebagai uji sensitivitas, analisis diulang menggunakan *buffer* 60 m.

Pola Spasial dan Temporal Pengamatan

Bias pengamat dievaluasi dengan tiga cara. Pertama, sebaran spasial catatan diukur dengan indeks tetangga terdekat Clark–Evans (R; Clark & Evans, 1954) pada lokasi unik, dengan $R < 1$ menunjukkan pola mengelompok. Kedua, dihitung proporsi catatan yang terkonsentrasi di sekitar titik terpadat. Ketiga, sebaran catatan per jam dan per bulan diperiksa. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan Python (NumPy, SciPy) pada taraf $\alpha = 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dinamika Tutupan Lahan 2015–2025

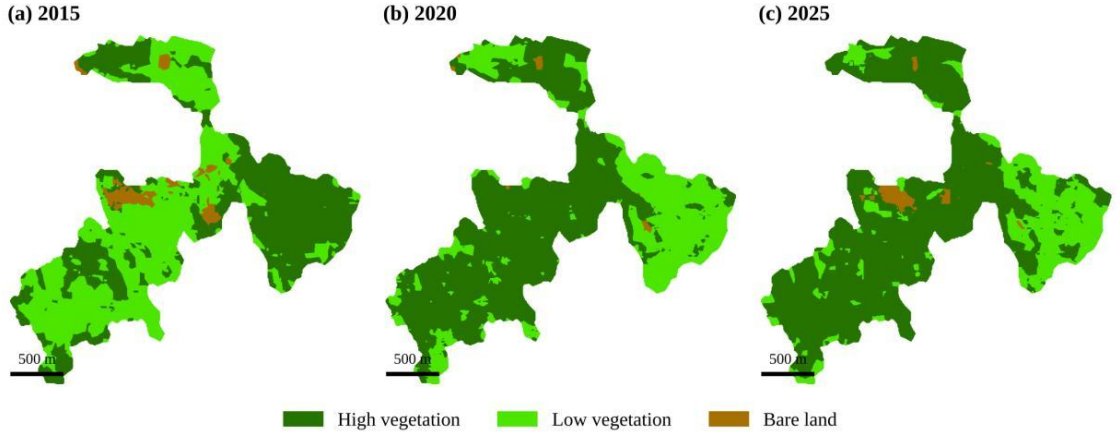
Selama satu dekade, kawasan berubah dari lanskap yang didominasi vegetasi rendah menjadi lanskap yang didominasi vegetasi tinggi (Tabel 2; Gambar 2). Pada 2015, vegetasi rendah merupakan kelas terluas (223,5 ha; 51,4%), diikuti vegetasi tinggi (194,4 ha; 44,7%) dan lahan terbuka (16,8 ha; 3,9%). Pada 2025, vegetasi tinggi mencapai 319,8 ha (73,6%) atau bertambah 125,4 ha (+64,5%), sedangkan vegetasi rendah berkurang 118,1 ha menjadi 105,4 ha (24,2%). Badan air mencakup kurang dari 0,2 ha pada semua periode.

Tabel 2. Luas (ha) dan proporsi (%) kelas tutupan lahan di Suaka Margasatwa Paliyan, 2015–2025

Kelas	2015	2020	2025	Δ 2015–2020	Δ 2020–2025	Δ 2015–2025
Badan air	0,19 (0,04)	0,15 (0,03)	0,02 (<0,01)	−0,04	−0,13	−0,17
Lahan terbuka	16,76 (3,86)	3,27 (0,75)	9,65 (2,22)	−13,49	+6,38	−7,11
Vegetasi rendah	223,46 (51,39)	142,09 (32,68)	105,35 (24,23)	−81,37	−36,74	−118,11
Vegetasi tinggi	194,42 (44,71)	289,32 (66,54)	319,81 (73,55)	+94,90	+30,50	+125,40
Total	434,83	434,83	434,83			
H′ lanskap	0,83	0,68	0,66			

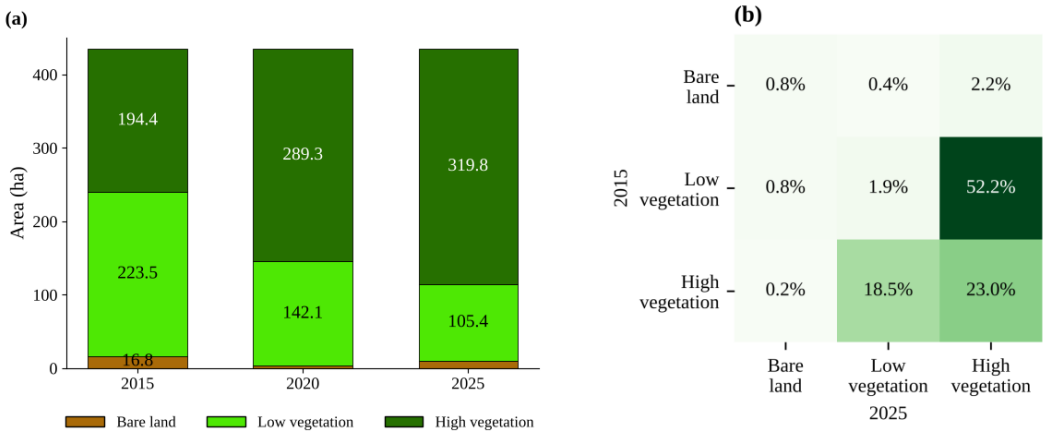
Keterangan: luas kelas daratan telah dikoreksi secara proporsional terhadap luas definitif kawasan (434,834 ha).

Pertambahan tajuk tidak berlangsung konstan. Vegetasi tinggi bertambah 18,98 ha th⁻¹ pada 2015–2020 (laju majemuk 8,3% th⁻¹), tetapi hanya 6,10 ha th⁻¹ pada 2020–2025 (2,0% th⁻¹). Heterogenitas lanskap menurun dari H′ = 0,83 menjadi 0,66. Lahan terbuka menurun menjadi 3,3 ha pada 2020, kemudian kembali meningkat menjadi 9,6 ha pada 2025.



Gambar 2. Tutupan lahan Suaka Margasatwa Paliyan hasil reklasifikasi Dynamic World: (a) 2015, (b) 2020, dan (c) 2025.

Matriks transisi piksel menunjukkan perubahan kotor yang jauh lebih besar di balik angka perubahan bersih tersebut (Gambar 3b). Antara 2015 dan 2025, 52,2% area yang dapat dibandingkan berubah dari vegetasi rendah menjadi vegetasi tinggi dan 2,2% dari lahan terbuka menjadi vegetasi tinggi. Sebaliknya, 18,5% area yang merupakan vegetasi tinggi pada 2015 terklasifikasi sebagai vegetasi rendah pada 2025. Hanya 23,0% area yang tetap sebagai vegetasi tinggi, dan hanya 14,8% yang merupakan vegetasi tinggi pada ketiga periode. Pertukaran antarkelas mencapai ±37% area, setara dengan besarnya perubahan bersih (+35,7 poin persentase). Antara 2020 dan 2025, 1,7% area (±5 ha) berubah dari vegetasi tinggi menjadi lahan terbuka dan terkonsentrasi pada satu petak di blok tengah-barat, sebelah barat jalan utama (Gambar 2c).



Gambar 3. (a) Luas kelas tutupan lahan per periode; (b) matriks transisi 2015→2025 (persentase dari 304,0 ha area yang dapat dibandingkan).

Penurunan laju pertambahan tajuk dari 8,3% menjadi 2,0% th⁻¹ konsisten dengan dinamika suksesi pada penanaman restorasi. Pohon yang ditanam pada pertengahan hingga akhir 2000-an diperkirakan mencapai penutupan tajuk sekitar 10–15 tahun kemudian, yang menjelaskan lonjakan vegetasi tinggi pada paruh pertama periode penelitian. Area yang belum terpulihkan umumnya merupakan area yang paling sulit dipulihkan, seperti singkapan batuan, lereng sangat curam, dan petak yang masih digarap aktif, sehingga perluasan tajuk tidak terhindarkan melambat. Penurunan heterogenitas lanskap mencerminkan kawasan yang semakin didominasi oleh satu tipe tutupan.

Besarnya pertukaran antarkelas menunjukkan bahwa perubahan tidak berlangsung satu arah, karena sebagian tegakan menipis atau kembali terbuka sementara bagian lain menutup (Pontius *et al.*, 2004). Setidaknya terdapat tiga faktor yang berperan. Pertama, dinamika nyata di lapangan, yaitu pemanenan hasil hutan bukan kayu dan pemangkasan pohon serbaguna oleh penggarap, kematian pohon akibat kekeringan, serta penjarangan alami yang dapat mengurangi tajuk secara lokal. Kedua, ketidakpastian klasifikasi. Dynamic World melaporkan kesesuaian sekitar 74% dengan label pakar (Brown *et al.*, 2022), dan batas antara pohon dan semak pada vegetasi karst yang rapat tetapi rendah merupakan sumber kesalahan yang umum. Ketiga, jendela komposit yang tidak seragam (Tabel 1). Komposit 2020 didominasi musim hujan ketika tajuk tampak lebih rapat, sedangkan komposit 2015 dan 2025 mencakup lebih banyak musim kemarau ketika sebagian vegetasi karst menggugurkan daun. Karena estimasi luas perubahan semestinya disertai penilaian akurasi berbasis sampel (Olofsson *et al.*, 2014), angka transisi dalam penelitian ini perlu dibaca sebagai indikasi arah dan besaran perubahan, bukan nilai yang pasti.

Meningkatnya kembali lahan terbuka setelah 2020 perlu mendapat perhatian pengelola. Karena kelas *grass* Dynamic World digabungkan ke dalam lahan terbuka pada reklasifikasi ini, petak ±5 ha di blok tengah-barat dapat berupa padang rumput musim kemarau, bekas kebakaran, atau pembukaan lahan. Verifikasi lapangan diperlukan karena pembukaan tajuk di dalam suaka margasatwa memiliki implikasi hukum dan ekologis yang sangat berbeda dari dinamika rumput musiman.

Pertambahan kelas vegetasi tinggi perlu dibaca sebagai pemulihan tutupan tajuk, bukan sebagai pemulihan kualitas hutan atau fungsi ekologis. Kelas *trees* Dynamic World tidak membedakan tegakan monokultur, jenis eksotis, atau pohon serbaguna yang dikelola penggarap dari hutan sekunder alami yang strukturnya kompleks. Penilaian kualitas habitat memerlukan indikator tambahan, antara lain komposisi dan keragaman jenis pohon, struktur tegakan (kerapatan, luas bidang dasar, dan stratifikasi tajuk), regenerasi alami jenis asli karst, serta keberadaan spesies fauna spesialis hutan. Kajian vegetasi pascarehabilitasi di kawasan ini pernah dilakukan oleh Nahdi (2014), tetapi pemantauan vegetasi berulang pada petak permanen diperlukan agar perubahan kualitas tegakan dapat dikaitkan dengan data penginderaan jauh.

Komposisi dan Keanekaragaman Komunitas Burung

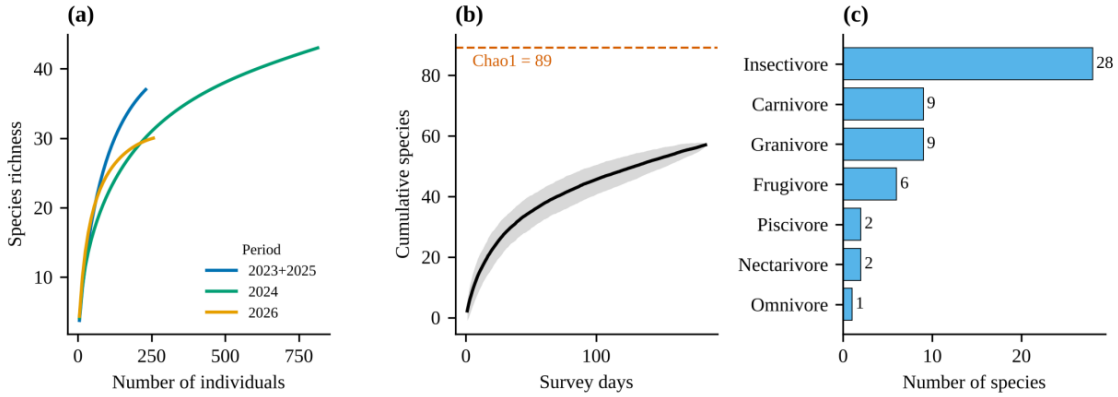
Selama 189 hari survei, terkumpul 417 catatan yang terdiri atas 1.316 individu dari 64 taksa. Dari taksa tersebut, 57 teridentifikasi hingga tingkat spesies dan tujuh hanya hingga genus atau kelompok spesies. Sebagian besar catatan diperoleh secara visual (95,0%), 4,6% melalui suara, dan 97,6% dibuat di dalam kawasan. Komunitas gabungan memiliki H′ = 2,91, kemerataan Pielou 0,72, indeks Simpson 0,90, dan indeks Margalef 7,81 (Tabel 3).

Tabel 3. Upaya survei dan indeks komunitas burung per periode

Parameter	2023+2025	2024	2026*	Gabungan
Jumlah catatan	101	206	110	417
Hari survei	59	92	38	189
Catatan per hari	1,71	2,24	2,89	2,21
Jumlah individu (N)	230	814	256	1.300
Kekayaan spesies (S)	37	43	30	57
S hasil rarefaksi (n = 230)	37,0	30,1	29,6	35,1
Chao1	43,3	73,3	30,8	89,0 (65,9–172,0)
Indeks Margalef	6,62	6,27	5,23	7,81
Shannon (H′)	2,58	2,71	2,92	2,91
Pielou (J)	0,71	0,72	0,86	0,72
Simpson (1−D)	0,82	0,89	0,92	0,90
Catatan dilindungi (spesies)	18 (9)	25 (7)	29 (5)	72 (10)

Keterangan: *Data 2026 mencakup Januari–Oktober. Taksa non-spesifik tidak disertakan dalam perhitungan indeks. Angka dalam kurung pada baris Chao1 adalah selang kepercayaan 95% (Chao, 1987).

Estimasi Chao1 gabungan sebesar 89 spesies (f_1 = 16 *singleton*, f_2 = 4 *doubleton*; SD = 23,3; SK 95% 65,9–172,0) menunjukkan bahwa 57 spesies yang teramati mewakili ±64% kekayaan spesies yang diharapkan, dengan rentang ketidakpastian 33–86%. Chao1 terkoreksi bias menghasilkan nilai yang lebih rendah (81,0; SK 95% 64,1–137,8) atau setara kelengkapan ±70%. Kurva akumulasi spesies belum mencapai asimtot setelah 189 hari (Gambar 4b), dan 22 spesies (38,6%) hanya tercatat satu kali. Kekayaan spesies mentah tertinggi pada 2024 (43 spesies), tetapi setelah rarefaksi hingga 230 individu nilainya turun menjadi 30,1, lebih rendah daripada 2023+2025 (37,0) dan setara dengan 2026 (29,6). Keanekaragaman Shannon dan kemerataan tertinggi terdapat pada 2026 (H′ = 2,92; J = 0,86). Kemiripan komposisi antarperiode tergolong sedang (Jaccard 0,48–0,55; Sørensen 0,65–0,71). Sebanyak 21 spesies dijumpai pada ketiga periode, sedangkan 10, 12, dan 3 spesies hanya dijumpai masing-masing pada 2023+2025, 2024, dan 2026.



Gambar 4. (a) Kurva rarefaksi berbasis individu per periode; (b) kurva akumulasi spesies berbasis hari (rerata ± 1,96 SD dari 200 pengacakan) beserta estimasi Chao1; (c) jumlah spesies per guild pakan.

Tabel 4. Sepuluh spesies burung yang paling sering tercatat

Nama Indonesia	Nama ilmiah	Catatan	Individu	KR (%)	Guild
Cucak kutilang	*Pycnonotus aurigaster*	62	302	23,2	Frugivora
Perkutut jawa	*Geopelia striata*	37	157	12,1	Granivora
Tekukur biasa	*Spilopelia chinensis*	24	54	4,2	Granivora
Bubut jawa†	*Centropus nigrorufus*	22	27	2,1	Insektivora
Sepah kecil	*Pericrocotus cinnamomeus*	21	99	7,6	Insektivora
Elang-ular bido	*Spilornis cheela*	18	26	2,0	Karnivora
Cabai jawa	*Dicaeum trochileum*	18	32	2,5	Frugivora
Cinenen pisang	*Orthotomus sutorius*	15	27	2,1	Insektivora
Burung-madu sriganti	*Cinnyris jugularis*	15	28	2,2	Nektarivora
Tangkar centrong	*Crypsirina temia*	13	25	1,9	Insektivora

Keterangan: KR = kelimpahan relatif berdasarkan jumlah individu. †Identifikasi sementara (lihat bagian c).

Komunitas didominasi oleh beberapa spesies generalis (Tabel 4). Cucak kutilang menyumbang 23,2% individu dan 14,9% catatan. Bersama Perkutut jawa, Gelatik jawa, Sepah kecil, Bondol peking, dan Bondol jawa, enam spesies teratas mencakup 63,8% dari seluruh individu. Insektivora merupakan guild terbesar dengan 28 spesies (49,1%) dan 38,3% catatan, diikuti granivora dan karnivora (masing-masing sembilan spesies; 15,8%), frugivora (enam spesies; 10,5%), serta nektarivora dan piscivora (masing-masing dua spesies) (Gambar 4c). Berdasarkan afinitas habitat, komunitas terdiri atas 18 spesies hutan, 17 spesies tepi/generalis, dan 22 spesies daerah terbuka. Tidak tercatat frugivora besar seperti rangkong atau punai.

Nilai keanekaragaman gabungan menunjukkan keanekaragaman sedang hingga tinggi tanpa dominansi yang ekstrem (Magurran, 2004). Selisih antara kekayaan spesies teramati dan Chao1, kurva akumulasi yang belum mencapai asimtot, serta tingginya proporsi *singleton* merupakan ciri khas data oportunistik, ketika spesies yang sulit terlihat, aktif pada senja hari, atau hidup di tajuk mudah terlewatkan. Inventarisasi pascarestorasi yang diberitakan media mencatat 41 spesies burung di kawasan ini (Nugraha, t.t.). Jumlah 57 spesies dalam penelitian ini lebih tinggi, tetapi perbedaan metode dan upaya survei tidak memungkinkan perbandingan kuantitatif sehingga selisih tersebut tidak dapat ditafsirkan sebagai peningkatan keanekaragaman akibat restorasi.

Lebarnya selang kepercayaan Chao1 menunjukkan bahwa angka kelengkapan ±64% perlu dibaca sebagai indikasi kasar, bukan estimasi yang presisi. Ketidakpastian ini terutama disebabkan oleh kecilnya jumlah *doubleton* ($f_2 = 4$) sehingga penduga sangat sensitif terhadap perubahan kecil pada f_1 dan f_2. Selain itu, Chao1 berbasis kelimpahan mengasumsikan bahwa setiap individu merupakan sampel yang independen. Pada data patroli, individu atau kawanan yang sama dapat tercatat berulang di lokasi yang sering dilalui sehingga kelimpahan spesies umum menjadi berlebih, sedangkan spesies yang jarang dijumpai tetap tercatat sebagai *singleton*. Peluang deteksi juga berbeda antarguild. Spesies yang mencolok dan aktif pada siang hari, seperti raptor dan granivora daerah terbuka, lebih mudah tercatat daripada insektivora yang bersembunyi di tajuk, spesies nokturnal, dan frugivora yang jarang bersuara. Oleh karena itu, spesies yang belum tercatat kemungkinan besar berasal dari guild yang sulit dideteksi, dan proporsi antarguild dalam penelitian ini dapat bias ke arah spesies yang mudah terlihat. Penduga berbasis insidensi (misalnya Chao2) dengan hari atau titik survei sebagai unit sampel lebih sesuai untuk data semacam ini dan disarankan untuk pemantauan selanjutnya.

Perbedaan antarperiode perlu ditafsirkan secara hati-hati. Tingginya kekayaan spesies mentah pada 2024 terutama mencerminkan upaya survei yang lebih besar (92 hari) dan banyaknya individu dari kawanan besar. Kemerataan tertinggi pada 2026 karena periode tersebut tidak mencatat kawanan besar Bondol jawa dan Walet linci yang menurunkan kemerataan pada 2024. Karena periode berbeda dalam musim, pengamat, dan upaya survei, perbedaan tersebut belum dapat ditafsirkan sebagai perubahan komunitas yang sebenarnya.

Dominansi Cucak kutilang dan granivora (Perkutut jawa, Tekukur biasa, dan bondol) mencerminkan kuatnya pengaruh matriks pertanian dan permukiman. Bentuk kawasan yang kecil dan memanjang dengan tepi yang panjang memungkinkan spesies tepi dan daerah terbuka masuk jauh ke bagian dalam kawasan (Tscharntke *et al.*, 2012). Namun, keberadaan Sepah kecil, Kehicap ranting, Cipoh kacat, Kadalan birah, dua spesies pelatuk (Caladi ulam dan Caladi tilik), serta raptor hutan seperti Elang-ular bido konsisten dengan tersedianya struktur tajuk dan sumber pakan bagi spesies hutan di dalam kawasan. Karena tidak tersedia data burung sebelum restorasi maupun dari lokasi pembanding, belum dapat dipastikan apakah spesies tersebut hadir sebagai akibat restorasi atau telah ada sebelumnya di sisa vegetasi dan lanskap sekitar.

Dominansi insektivora, yang mencakup pemungut serangga di tajuk, pencari pakan di kulit batang, dan insektivora udara, menunjukkan lapisan vegetasi yang cukup beragam untuk mendukung berbagai strategi mencari makan. Insektivora hutan termasuk kelompok yang paling sensitif terhadap fragmentasi di Asia Tenggara (Sodhi *et al.*, 2004) sehingga keberadaannya merupakan indikasi positif bagi kualitas habitat saat ini, meskipun belum dapat dianggap sebagai bukti keberhasilan restorasi. Sebaliknya, ketiadaan frugivora besar menunjukkan bahwa pemencaran biji jarak jauh masih terbatas dan regenerasi alami jenis pohon berbiji besar kemungkinan masih bergantung pada penanaman. Tingginya proporsi spesies daerah terbuka di dalam kawasan yang kini 74% berhutan menunjukkan bahwa kawasan belum berfungsi sebagai habitat hutan tertutup. Kawasan ini masih menjadi bagian dari mosaik pertanian yang dilalui banyak spesies secara bebas, kondisi yang umum dijumpai pada kawasan restorasi kecil di tengah lahan pertanian (Catterall *et al.*, 2012).

Spesies Dilindungi dan Terancam

Sebanyak 72 catatan (17,3%) dari 10 spesies diklasifikasikan sebagai dilindungi dalam data (Tabel 5). Jika catatan Bubut jawa yang identifikasinya masih sementara dikeluarkan, jumlahnya menjadi 51 catatan (12,9%) dari sembilan spesies. Elang-ular bido tercatat secara konsisten pada ketiga periode, bersama Sikep-madu asia dan dua spesies elang-alap migran. Gelatik jawa (Endangered) hanya muncul dalam tujuh catatan, tetapi mencapai 121 individu, termasuk satu

kawanan berjumlah 40 individu pada September 2026. Kacamata jawa (Near Threatened) hanya tercatat pada periode 2023+2025. Satu dari 22 catatan Bubut jawa dientri sebagai tidak dilindungi.

Tabel 5. Spesies burung dilindungi berdasarkan entri data (jumlah catatan per periode) dan status IUCN

Nama Indonesia	Nama ilmiah	2023+2025	2024	2026	Individu	IUCN
Bubut jawa†	*Centropus nigrorufus*	4	6	11	26	VU, endemik Jawa
Elang-ular bido	*Spilornis cheela*	4	6	8	26	LC
Tangkar centrong	*Crypsirina temia*	1	6	6	25	LC
Gelatik jawa	*Padda oryzivora*	1	4	2	121	EN
Sikep-madu asia	*Pernis ptilorhynchus*	2	1	2	6	LC, migran
Kacamata jawa	*Zosterops flavus*	3	0	0	3	NT
Elang-alap jepang	*Accipiter gularis*	1	1	0	2	LC, migran
Celepuk jawa	*Otus angelinae*	1	0	0	1	VU, endemik Jawa
Elang-alap cina	*Accipiter soloensis*	0	1	0	1	LC, migran
Kipasan belang	*Rhipidura javanica*	1	0	0	2	LC

Keterangan: †Identifikasi sementara karena belum diverifikasi dengan foto atau rekaman suara.

Keberadaan Elang-ular bido sebagai penghuni tetap, bersama dua spesies elang-alap migran dan Sikep-madu asia, menunjukkan bahwa Paliyan berfungsi sebagai area berburu sekaligus tempat singgah migrasi raptor di sepanjang pesisir selatan Jawa. Keberadaan predator puncak juga mengindikasikan ketersediaan mangsa berupa reptil, burung kecil, dan mamalia kecil yang memadai.

Gelatik jawa memiliki nilai konservasi tertinggi. Populasi liarnya di Jawa telah menurun drastis akibat penangkapan untuk perdagangan burung dan intensifikasi pertanian (Eaton *et al.*, 2015; Harris *et al.*, 2017). Kawanan berjumlah 40 individu menjadikan Paliyan kandidat lokasi kunci bagi spesies ini di Yogyakarta sehingga perlindungan dari penangkapan serta pemantauan lokasi bersarang dan mencari makannya perlu menjadi prioritas. Tidak tercatatnya Kacamata jawa pada 2024 dan 2026 juga perlu ditelusuri karena spesies ini juga menjadi sasaran perdagangan burung kicau.

Terdapat dua hal yang memerlukan verifikasi. Pertama, Bubut jawa, spesies endemik Jawa berstatus Vulnerable, sebagian besar terbatas pada mangrove, rawa, dan vegetasi riparian di dataran rendah pesisir (MacKinnon *et al.*, 2010; Eaton *et al.*, 2021). Oleh karena itu, 22 catatan dari perbukitan karst kering pada ketinggian 100–300 m tergolong tidak lazim. Kemungkinan kekeliruan dengan Bubut besar (*C. sinensis*) atau Bubut alang-alang (*C. bengalensis*), yang keduanya juga tercatat di kawasan, belum dapat dikesampingkan karena catatan tersebut belum didukung dokumentasi foto atau rekaman suara yang dapat diverifikasi. Oleh karena itu, identifikasi Bubut jawa dalam penelitian ini berstatus sementara. Uji sensitivitas tanpa catatan tersebut menghasilkan kekayaan 56 spesies, $H' = 2{,}87$, $J = 0{,}71$, indeks Simpson 0,90, dan Chao1 = 88 (SK 95% 64,9–171,0). Jumlah spesies dilindungi menjadi sembilan (51 catatan), dan insektivora tetap merupakan guild terbesar (27 spesies; 48,2%). Perubahan tersebut kecil sehingga kesimpulan mengenai struktur komunitas tidak bergantung pada catatan Bubut jawa. Namun, implikasi konservasi bagi spesies ini baru dapat ditarik setelah identifikasinya terkonfirmasi, misalnya melalui survei terarah dengan perekaman suara. Jika terkonfirmasi, catatan tersebut merupakan temuan sebaran yang penting secara ilmiah. Kedua, status perlindungan dalam data mencerminkan entri staf. Beberapa takson yang berpotensi tercantum dalam P.106/2018, seperti Cekakak jawa dan burung hantu lain (Celepuk reban dan Serak jawa), tidak ditandai sebagai dilindungi. Pencocokan sistematis dengan daftar resmi diperlukan sebelum data digunakan untuk pelaporan kinerja.

Asosiasi Catatan Burung dengan Tutupan Lahan

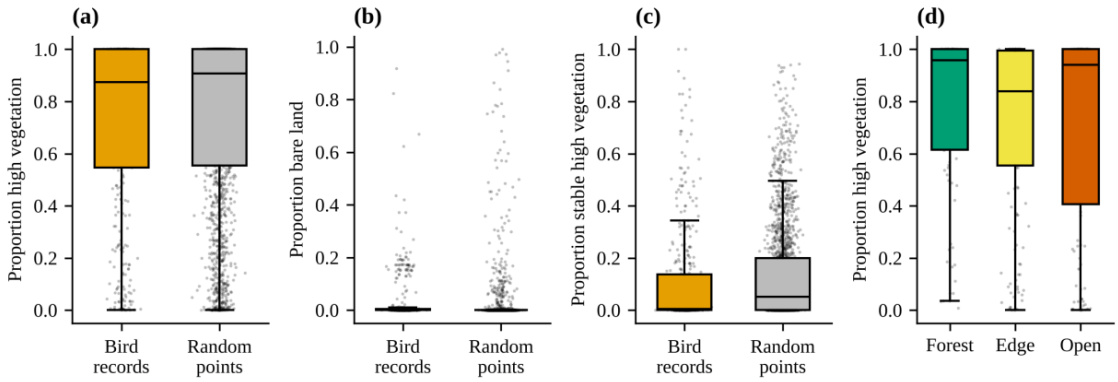
Pada tingkat kelas dominan dalam *buffer* 100 m, catatan burung tidak menyimpang dari ketersediaan ($\chi^2 = 1{,}18$; df = 2; p = 0,55; Tabel 6). Rasio seleksi untuk vegetasi tinggi (w = 0,98) dan vegetasi rendah (w = 1,09) mendekati 1 dengan selang kepercayaan yang mencakup 1. Hasil yang

sama diperoleh ketika analisis dibatasi pada catatan 2024 yang sezaman dengan peta 2025 (χ^2 = 0,97; p = 0,62). Rerata proporsi vegetasi tinggi di sekitar catatan (0,72) tidak berbeda dengan titik acak (0,75; p = 0,60), demikian pula heterogenitas *buffer* (p = 0,78) dan proporsi *buffer* tepi (40,1% vs 40,9%; p = 0,82) (Gambar 5).

Tabel 6. Rasio seleksi Manly untuk kelas tutupan lahan dominan dalam buffer 100 m (n = 414 catatan; 2.000 titik acak)

Kelas dominan	Proporsi digunakan	Proporsi tersedia	w	SK 95% (Bonferroni)	Interpretasi
Vegetasi tinggi	0,763	0,780	0,98	0,91–1,04	Proporsional
Vegetasi rendah	0,227	0,208	1,09	0,86–1,33	Proporsional
Lahan terbuka	0,010	0,013	0,77	0,00–1,69	Proporsional

Keterangan: χ^2 = 1,18; df = 2; p = 0,55. SK = selang kepercayaan.



Gambar 5. Komposisi tutupan lahan dalam buffer 100 m di sekitar catatan burung dibandingkan titik acak: (a) vegetasi tinggi, (b) lahan terbuka, (c) vegetasi tinggi stabil 2015–2025, dan (d) vegetasi tinggi berdasarkan afinitas habitat spesies.

Terdapat dua perbedaan yang signifikan. *Buffer* di sekitar catatan memiliki lahan terbuka lebih banyak (rerata 3,8%) dibandingkan titik acak (1,9%; p < 0,001) dan vegetasi tinggi stabil, yaitu tajuk yang telah ada sejak 2015, lebih sedikit (11,2% vs 13,6%; p < 0,001). Proporsi vegetasi tinggi baru tidak berbeda (49,6% vs 52,0%; p = 0,27). Spesies hutan tercatat pada *buffer* dengan proporsi vegetasi tinggi tertinggi (0,78), diikuti spesies tepi (0,71) dan spesies daerah terbuka (0,71) (Kruskal–Wallis H = 4,85; p = 0,089). Hasil analisis sensitif terhadap radius *buffer*. Pada *buffer* 60 m, perbedaan antarkelompok afinitas lebih besar (0,79; 0,72; 0,64; H = 7,20; p = 0,027) dan uji χ^2 keseluruhan untuk kelas dominan menjadi signifikan (χ^2 = 7,23; p = 0,027). Uji χ^2 tersebut hanya menunjukkan bahwa distribusi penggunaan secara keseluruhan berbeda dari ketersediaan, tanpa menunjukkan kelas mana yang diseleksi. Pada tingkat kelas, selang kepercayaan Bonferroni rasio seleksi vegetasi tinggi (w = 0,93; SK 0,86–1,01) masih mencakup 1 sehingga seleksi maupun penghindaran terhadap vegetasi tinggi tidak dapat disimpulkan. Proporsi vegetasi tinggi tidak berbeda antara spesies dilindungi (0,68) dan tidak dilindungi (0,73; p = 0,69).

Penggunaan kelas tutupan lahan yang sebanding dengan ketersediaannya menunjukkan bahwa tegakan hasil restorasi turut dimanfaatkan burung dan tidak dihindari (Chazdon, 2008), tetapi tidak menunjukkan adanya preferensi terhadap vegetasi tinggi. Gradien antarkelompok afinitas habitat konsisten secara ekologis, tetapi hanya signifikan pada radius 60 m dan tidak pada 100 m. Ketergantungan hasil pada radius *buffer* dapat mencerminkan skala asosiasi habitat yang lokal, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh ketelitian koordinat GPS dan bias lokasi pengamatan sehingga perlu diuji dengan desain survei terstandar sebelum disimpulkan. Tidak adanya perbedaan antara spesies dilindungi dan tidak dilindungi sesuai dengan dugaan karena kelompok dilindungi merupakan campuran raptor, spesies tepi, dan granivora daerah terbuka seperti Gelatik jawa.

Pola Spasial dan Temporal Pengamatan serta Bias Pengamat

Lokasi catatan sangat mengelompok (Clark–Evans R = 0,57; z = −16,0; p < 0,001). Sebanyak 30,7% dari seluruh catatan berada dalam radius 300 m dari satu titik terpadat di dekat jalan Panggang–Wonosari (Gambar 1). Hanya 3,4% catatan dibuat sebelum pukul 09.00, dan puncaknya terjadi pada pukul 11.00–12.00 (20,1%). Jumlah catatan per hari lebih tinggi pada musim kemarau (Mei–Oktober; 2,33 catatan hari^{-1}; 47 spesies) dibandingkan musim hujan (November–April; 2,00 catatan hari^{-1}; 36 spesies).

Lebih banyaknya lahan terbuka dan lebih sedikitnya tajuk stabil di sekitar catatan lebih mungkin mencerminkan jalur yang dilalui petugas daripada lokasi keberadaan burung. Lahan terbuka di kawasan sebagian besar berupa jalan setapak, bekas petak garapan, dan area tepi jalan yang mudah dijangkau, sedangkan tajuk stabil cenderung berada di lereng curam dan bagian dalam blok yang jarang dikunjungi. Pengelompokan spasial catatan yang kuat merupakan bias yang umum pada data biologi oportunistik (Isaac & Pocock, 2015). Bias temporal juga tampak jelas. Aktivitas dan vokalisasi burung tropis memuncak pada pukul 06.00–09.00 (Bibby *et al.*, 2000), sedangkan pencatatan mengikuti jam kerja patroli. Oleh karena itu, spesies yang aktif pada pagi buta dan spesies nokturnal (burung hantu dan cabak) kemungkinan kurang terwakili, sejalan dengan banyaknya *singleton* dan selisih antara Chao1 dan kekayaan spesies teramati. Perbedaan antarmusim dapat mencerminkan jarak pandang yang lebih baik ketika sebagian vegetasi meranggas, kehadiran spesies migran, atau sekadar perbedaan intensitas patroli.

Data patroli bernilai untuk mendokumentasikan keberadaan spesies, terutama spesies dilindungi dan langka. Namun, tanpa informasi upaya per lokasi, data tersebut tidak dapat membedakan ketidakhadiran dari ketidakterdeteksian (MacKenzie *et al.*, 2002). Desain pemantauan terstandar diperlukan agar model okupansi (*occupancy model*) dapat memisahkan keberadaan spesies dari probabilitas deteksinya.

Implikasi Pengelolaan

Dari sisi tutupan lahan, restorasi Paliyan telah mencapai indikator strukturalnya, yaitu bertambahnya vegetasi tinggi dari 44,7% menjadi 73,6% kawasan. Namun, keberhasilan dalam memulihkan kualitas habitat dan fungsi ekologis belum dapat dinilai dengan data yang tersedia. Melambatnya pertambahan tajuk, besarnya pertukaran antarkelas, dan munculnya kembali petak terbuka juga menunjukkan bahwa pengelolaan perlu bergeser dari perluasan tutupan menuju pemantapan kualitas tegakan. Sesuai dengan kekuatan bukti yang tersedia, rekomendasi pengelolaan dibedakan menjadi dua. Rekomendasi yang didukung langsung oleh hasil penelitian ini meliputi verifikasi lapangan dan respons cepat terhadap petak terbuka baru di blok tengah-barat, perlindungan tegakan vegetasi tinggi yang stabil, serta perlindungan Gelatik jawa dan spesies sasaran perdagangan lainnya melalui patroli antiperburuan dan pelibatan masyarakat. Rekomendasi yang masih bersifat indikatif dan perlu diuji melalui pemantauan meliputi penanaman pengayaan jenis asli karst yang berbuah dan berbunga untuk frugivora dan nektarivora, serta penanaman pohon pakan burung di pekarangan, tegalan, dan bahu jalan desa penyangga untuk meningkatkan konektivitas antarblok. Untuk menilai keberhasilan restorasi secara lebih utuh, pengelola disarankan menetapkan indikator terukur yang mencakup (1) tutupan tajuk dan persistensinya, (2) komposisi jenis dan regenerasi alami pohon asli, serta (3) okupansi spesies burung spesialis hutan dan frugivora, yang dipantau secara berkala dengan protokol baku.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, akurasi klasifikasi Dynamic World di Paliyan belum divalidasi di lapangan dan jendela kompositnya tidak seragam. Kedua, analisis transisi dan *buffer* menggunakan peta kartografis yang direferensikan ulang (grid ±5 m) dan sebagian tertutup simbol sehingga hanya 69,9% kawasan yang dapat dibandingkan; penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan raster GeoTIFF asli yang diekspor dari Earth Engine. Ketiga, data burung bersifat oportunistik, tidak memiliki informasi upaya per lokasi, dan mencakup dua tahun (2023 dan 2025) yang tidak dapat dipisahkan. Keempat, karena data burung hanya mencakup 2023–2026, respons komunitas burung terhadap perubahan tutupan lahan 2015–2025 tidak dapat diuji, baik secara temporal maupun melalui perbandingan dengan lokasi pembanding di luar area restorasi; penelitian ini hanya mendeskripsikan asosiasi spasial dengan tutupan lahan saat ini. Data burung dari periode sebelum atau awal restorasi, jika tersedia di arsip instansi atau penelitian terdahulu, akan sangat

memperkuat evaluasi dampak restorasi. Kelima, identifikasi Bubut jawa belum terverifikasi dengan dokumentasi, dan analisis spasial belum diulang tanpa catatan spesies tersebut.

KESIMPULAN

Selama 2015–2025, tutupan vegetasi tinggi di Suaka Margasatwa Paliyan meningkat dari 44,7% menjadi 73,6% kawasan. Hal ini menunjukkan keberhasilan restorasi dalam memulihkan tutupan tajuk di ekosistem karst, meskipun pertambahan tajuk melambat setelah 2020 dan sekitar 5 ha kembali terbuka; kualitas tegakan dan pemulihan fungsi ekologis belum dinilai dalam penelitian ini. Lanskap pascarestorasi saat ini dihuni komunitas burung yang beragam dengan 57 spesies teridentifikasi ($H' = 2{,}91$), termasuk 10 spesies dilindungi (satu di antaranya berstatus identifikasi sementara) dan Gelatik jawa yang berstatus Endangered, dengan inventarisasi yang belum lengkap (Chao1 = 89; SK 95% 66–172). Karena tidak tersedia data awal maupun lokasi pembanding, keberadaan komunitas tersebut belum dapat diatribusikan pada restorasi. Komunitas didominasi insektivora, tetapi masih dipengaruhi kuat oleh spesies generalis dan spesies daerah terbuka dari lahan pertanian di sekitarnya. Burung menggunakan kelas tutupan lahan, termasuk tegakan hasil restorasi, sebanding dengan ketersediaannya tanpa bukti preferensi terhadap kelas tertentu, dan hasil analisis asosiasi sensitif terhadap radius *buffer*. Perbedaan antara lokasi catatan dan titik acak terutama mencerminkan bias aksesibilitas pengamat, bukan preferensi habitat.

SARAN

Evaluasi pengaruh restorasi terhadap burung yang lebih kuat memerlukan protokol pemantauan terstandar. Pemantauan selanjutnya disarankan (1) menambahkan titik hitung (*point count*) permanen yang terstratifikasi berdasarkan kelas tutupan lahan dan trajektori restorasi, termasuk lereng dan bagian dalam blok yang jarang dikunjungi; (2) melakukan survei pada pukul 06.00–09.00 serta survei malam untuk burung hantu; (3) mencatat durasi survei, panjang jalur, dan identitas pengamat pada setiap kunjungan; (4) mendokumentasikan spesies kunci dengan foto atau rekaman suara, termasuk survei terarah untuk memverifikasi Bubut jawa; (5) menyertakan lokasi pembanding di luar area restorasi; dan (6) membangun petak permanen vegetasi untuk memantau komposisi jenis, struktur tegakan, dan regenerasi alami. Data dari desain tersebut memungkinkan penggunaan penduga kekayaan berbasis insidensi dan model okupansi yang memperhitungkan perbedaan deteksi antarspesies. Peta tutupan lahan juga perlu divalidasi di lapangan, dan petak terbuka baru di blok tengah-barat perlu segera diverifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf lapangan Balai KSDA Yogyakarta, khususnya Seksi Konservasi Wilayah II dan Resort Konservasi Paliyan, atas pengumpulan data perjumpaan satwa liar, serta kepada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Negeri Yogyakarta, atas dukungan akademik.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni, N. S. R., Faida, L. R. W. (2020) *Persepsi petani penggarap terhadap program restorasi di Suaka Margasatwa Paliyan*. Skripsi. Universitas Gadjah Mada. Available at: https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/192827.

Bibby, C. J., Burgess, N. D., Hill, D. A., Mustoe, S. H. (2000) *Bird census techniques*. 2nd edn. London: Academic Press.

Brown, C. F., Brumby, S. P., Guzder-Williams, B., Birch, T., Hyde, S. B., Mazzariello, J., ..., Tait, A. M. (2022) 'Dynamic World, near real-time global 10 m land use land cover mapping', *Scientific Data*, 9, 251. Available at: https://doi.org/10.1038/s41597-022-01307-4.

Catterall, C. P., Freeman, A. N. D., Kanowski, J., Freebody, K. (2012) 'Can active restoration of tropical rainforest rescue biodiversity? A case with bird community indicators', *Biological Conservation*, 146(1), pp. 53–61. Available at: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.10.033.

Chao, A. (1984) 'Nonparametric estimation of the number of classes in a population', *Scandinavian Journal of Statistics*, 11(4), pp. 265–270.

Chao, A. (1987) 'Estimating the population size for capture–recapture data with unequal catchability', *Biometrics*, 43(4), pp. 783–791. Available at: https://doi.org/10.2307/2531532.

Chazdon, R. L. (2008) 'Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands', *Science*, 320(5882), pp. 1458–1460. Available at: https://doi.org/10.1126/science.1155365.

Clark, P. J., Evans, F. C. (1954) 'Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations', *Ecology*, 35(4), pp. 445–453. Available at: https://doi.org/10.2307/1931034.

Eaton, J. A., Shepherd, C. R., Rheindt, F. E., Harris, J. B. C., van Balen, S., Wilcove, D. S., Collar, N. J. (2015) 'Trade-driven extinctions and near-extinctions of avian taxa in Sundaic Indonesia', *Forktail*, 31, pp. 1–12.

Eaton, J. A., van Balen, B., Brickle, N. W., Rheindt, F. E. (2021) *Birds of the Indonesian Archipelago: Greater Sundas and Wallacea*. 2nd edn. Barcelona: Lynx Edicions.

Gibson, L., Lee, T. M., Koh, L. P., Brook, B. W., Gardner, T. A., Barlow, J., Peres, C. A., Bradshaw, C. J. A., Laurance, W. F., Lovejoy, T. E., Sodhi, N. S. (2011) 'Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity', *Nature*, 478(7369), pp. 378–381. Available at: https://doi.org/10.1038/nature10425.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R. (2017) 'Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone', *Remote Sensing of Environment*, 202, pp. 18–27. Available at: https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031.

Gotelli, N. J., Colwell, R. K. (2001) 'Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness', *Ecology Letters*, 4(4), pp. 379–391. Available at: https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x.

Gotelli, N. J., Colwell, R. K. (2011) 'Estimating species richness', in Magurran, A. E. and McGill, B. J. (eds) *Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment*. Oxford: Oxford University Press, pp. 39–54.

Harris, J. B. C., Tingley, M. W., Hua, F., Yong, D. L., Adeney, J. M., Lee, T. M., ..., Wilcove, D. S. (2017) 'Measuring the impact of the pet trade on Indonesian birds', *Conservation Biology*, 31(2), pp. 394–405. Available at: https://doi.org/10.1111/cobi.12729.

Isaac, N. J. B., Pocock, M. J. O. (2015) 'Bias and information in biological records', *Biological Journal of the Linnean Society*, 115(3), pp. 522–531. Available at: https://doi.org/10.1111/bij.12532.

IUCN (2024) *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2024-1. Available at: https://www.iucnredlist.org.

KLHK (2018) *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa yang Dilindungi*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.

MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Lachman, G. B., Droege, S., Royle, J. A., Langtimm, C. A. (2002) 'Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one', *Ecology*, 83(8), pp. 2248–2255. Available at: https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2248:ESORWD]2.0.CO;2.

MacKinnon, J., Phillipps, K., van Balen, B. (2010) *Burung-burung di Sumatera, Jawa, Bali dan Kalimantan*. Bogor: Puslitbang Biologi LIPI.

Magurran, A. E. (2004) *Measuring biological diversity*. Oxford: Blackwell Publishing.

Manly, B. F. J., McDonald, L. L., Thomas, D. L., McDonald, T. L., Erickson, W. P. (2002) *Resource selection by animals: Statistical design and analysis for field studies*. 2nd edn. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Nahdi, M. S. (2014) *Struktur dan komposisi vegetasi pasca rehabilitasi di Suaka Margasatwa Paliyan Gunung Kidul, Yogyakarta*. Skripsi. UIN Sunan Kalijaga. Available at: https://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/20774/.

Nugraha, F. (t.t.) 'Hutan Margasatwa Paliyan sukses direhabilitasi, Menhut dorong wilayah lain replikasi', *Metrotvnews*. Available at: https://www.metrotvnews.com/read/bmRCEEaz-hutan-margasatwa-paliyan-sukses-direhabilitasi-menhut-dorong-wilayah-lain-replikasi.

Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., Wulder, M. A. (2014) 'Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change', *Remote Sensing of Environment*, 148, pp. 42–57. Available at: https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015.

Pielou, E. C. (1966) 'The measurement of diversity in different types of biological collections', *Journal of Theoretical Biology*, 13, pp. 131–144. Available at: https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0.

Pontius, R. G., Shusas, E., McEachern, M. (2004) 'Detecting important categorical land changes while accounting for persistence', *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2–3), pp. 251–268. Available at: https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008.

Sekercioglu, Ç. H. (2006) 'Increasing awareness of avian ecological function', *Trends in Ecology & Evolution*, 21(8), pp. 464–471. Available at: https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.05.007.

Shannon, C. E. (1948) 'A mathematical theory of communication', *Bell System Technical Journal*, 27(3), pp. 379–423. Available at: https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x.

Sodhi, N. S., Koh, L. P., Brook, B. W., Ng, P. K. L. (2004) 'Southeast Asian biodiversity: An impending disaster', *Trends in Ecology & Evolution*, 19(12), pp. 654–660. Available at: https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.09.006.

Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T. O., Dormann, C. F., Ewers, R. M., Fründ, J., Holt, R. D., Holzschuh, A., ..., Westphal, C. (2012) 'Landscape moderation of biodiversity patterns and processes – eight hypotheses', *Biological Reviews*, 87(3), pp. 661–685. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x.