Jurnal Silva Samalas
Journal of Forestry and Plant Science
Vol. 9, No. 2
p-ISSN: 2621-6779
e-ISSN: 2776-7175
pp. 127-147

PEMODELAN DISTRIBUSI ELANG ULAR BIDO (*Spilornis cheela*) DAN IMPLIKASI KONSERVASINYA DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Taufan Kharis[1*], Tien Aminatun[2]
[12]Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia
Email Korespondensi: tovankharis@gmail.com

Abstract

The Crested Serpent Eagle (Spilornis cheela) is a protected raptor with an important ecological role, yet information on its distribution, breeding sites, and habitat suitability in the Special Region of Yogyakarta (DIY), Indonesia, remains limited. This study aimed to identify breeding sites, analyze spatial-temporal distribution and seasonal activity, model habitat suitability, and assess the conservation implications for the species in DIY. Secondary sighting data from the Yogyakarta Natural Resources Conservation Agency (BKSDA) for January 2024–December 2025, comprising 276 sightings of 387 individuals, were analyzed through breeding-site identification, seasonal activity and social behavior analysis, Maximum Entropy (MaxEnt) modeling, and gap analysis against formal conservation areas. Five high-confidence breeding-site clusters comprising 74 pairs were identified, with the highest concentration in the Gunungkidul Karst (23 pairs). Seasonal activity differed significantly ($\chi^2 = 33.130$; $p < 0.001$), peaking in October–November, whereas its correlation with rainfall was not significant ($\rho = -0.002$; $p = 0.993$). The MaxEnt model performed well (training AUC = 0.811). Distance from rivers (31.58%) and slope (31.49%) contributed most to the model, while NDVI provided the greatest unique information in the jackknife analysis.

Keywords: *breeding sites, habitat suitability, landscape-based conservation, spatial-temporal distribution, Spilornis cheela*

Abstrak

Elang Ular Bido *(Spilornis cheela)* merupakan salah satu raptor dilindungi yang memiliki peran penting dalam ekosistem, tetapi informasi mengenai distribusi, lokasi perkembangbiakan, dan kesesuaian habitatnya di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi *breeding sites*, menganalisis pola distribusi spasial-temporal dan aktivitas musiman, memodelkan kesesuaian habitat, serta mengevaluasi implikasinya terhadap konservasi Elang Ular Bido di DIY. Penelitian menggunakan data sekunder perjumpaan dari BKSDA DIY periode Januari 2024–Desember 2025 yang mencakup 276 perjumpaan dengan 387 individu. Data dianalisis secara kuantitatif melalui identifikasi *breeding sites*, analisis pola aktivitas dan perilaku sosial, pemodelan kesesuaian habitat menggunakan *Maximum Entropy* (MaxEnt), serta gap analysis terhadap kawasan konservasi. Hasil penelitian mengidentifikasi lima kluster HIGH *confidence breeding sites* dengan total 74 pasangan, dengan konsentrasi tertinggi di kawasan Karst Gunungkidul sebanyak 23 pasangan. Aktivitas musiman menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan ($\chi^2 = 33{,}130$; $p < 0{,}001$), dengan puncak perjumpaan pada Oktober–November, sedangkan hubungan dengan curah hujan tidak menunjukkan korelasi yang signifikan ($\rho = -0{,}002$; $p = 0{,}993$). Pemodelan MaxEnt menunjukkan kinerja yang baik dengan Training AUC sebesar 0,811. Jarak dari sungai (31,58%) dan slope (31,49%) merupakan variabel dengan kontribusi terbesar, sedangkan NDVI memberikan informasi unik terbesar berdasarkan analisis jackknife.

Kata Kunci: *breeding sites*, distribusi spasial-temporal, kesesuaian habitat, konservasi berbasis lanskap, *Spilornis cheela*

How to *Cite:* Kharis, T., & Aminatun, T. (2026). PEMODELAN DISTRIBUSI ELANG ULAR BIDO (Spilornis cheela) DAN IMPLIKASI KONSERVASINYA DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA. *Jurnal Silva Samalas*, *9*(2), 1127–1147. https://doi.org/10.33394/jss.v9i2.23297

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

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara megabiodiversitas yang memiliki 81 spesies raptor diurnal yang tersebar di berbagai pulau. Namun, tingginya keanekaragaman tersebut menghadapi tekanan antropogenik yang menyebabkan Indonesia menjadi salah satu negara dengan jumlah spesies raptor terancam tertinggi di dunia (McClure et al., 2018). Kehilangan habitat melalui deforestasi dan fragmentasi hutan menjadi salah satu ancaman utama, dengan kehilangan hutan mencapai 16% dalam rentang distribusi spesies raptor di Indonesia selama periode 2001–2023 (Buechley et al., 2024). Tekanan tersebut juga diperkuat oleh aktivitas perdagangan ilegal satwa liar yang masih berlangsung di berbagai wilayah. Kondisi ini menunjukkan bahwa informasi mengenai distribusi dan habitat raptor menjadi penting sebagai dasar penyusunan strategi konservasi berbasis bukti.

Elang Ular Bido *(Spilornis cheela)* merupakan raptor hutan tropis yang memiliki peran ekologis sebagai predator tingkat menengah. Spesies ini memiliki distribusi luas di Asia, dengan subspesies S. c. bido yang tersebar di Jawa dan Bali (Putri et al., 2021). Secara global, S. cheela termasuk kategori Least Concern menurut IUCN (BirdLife International, 2024). Namun, status tersebut tidak serta-merta mencerminkan kondisi populasi lokal, khususnya di Pulau Jawa yang telah kehilangan sekitar 90% tutupan hutan aslinya. Fragmentasi habitat yang intensif dapat meningkatkan kerentanan raptor hutan terhadap perubahan lingkungan dan mengurangi ketersediaan habitat yang mendukung aktivitas reproduksi.

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) memiliki bentang alam yang beragam, mulai dari kawasan pesisir selatan, perbukitan karst Gunungkidul, hingga lereng Gunung Merapi. Keragaman lanskap tersebut menyediakan berbagai tipe habitat yang berpotensi mendukung keberadaan S. cheela. Taman Nasional Gunung Merapi (TNGM) dengan luas 6.607,52 ha merupakan salah satu kawasan konservasi penting di wilayah ini. Data monitoring Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) Yogyakarta menunjukkan bahwa perjumpaan S. cheela tidak hanya terjadi di kawasan konservasi, tetapi juga terkonsentrasi pada kawasan karst Gunungkidul, hutan pendidikan Wanagama, koridor Mangunan–Dlingo–Imogiri, serta wilayah Menoreh dan lereng Merapi. Sebaran tersebut mengindikasikan kemampuan spesies memanfaatkan lanskap yang telah mengalami modifikasi, sekaligus menunjukkan adanya kesenjangan antara distribusi aktual spesies dan cakupan perlindungan formal.

Kondisi tersebut menjadi semakin penting karena informasi mengenai lokasi perkembangbiakan *(breeding sites)* S. cheela di Jawa, khususnya DIY, masih terbatas. Data perjumpaan pasangan yang telah dikumpulkan BKSDA menunjukkan adanya konsentrasi spasial pada beberapa lokasi, tetapi belum dimanfaatkan secara sistematis untuk mengidentifikasi lokasi yang berpotensi menjadi *breeding sites*. Padahal, perlindungan habitat perkembangbiakan merupakan salah satu prioritas penting dalam konservasi raptor (Lee et al., 2025). Penelitian mengenai keanekaragaman burung di Taman Nasional Way Kambas juga mencatat S. cheela sebagai bagian dari raptor guild, tetapi belum mengeksplorasi aspek *breeding ecology* secara spesifik (Iswandaru et al., 2025). Dengan demikian, identifikasi lokasi perkembangbiakan berdasarkan pola kehadiran pasangan yang persisten secara spasial dan temporal dapat memberikan informasi dasar untuk menentukan kawasan prioritas konservasi.

Selain aspek spasial, pemahaman terhadap pola temporal diperlukan untuk mengetahui dinamika aktivitas S. cheela. Variasi jumlah perjumpaan antarb ulan dapat memberikan indikasi mengenai periode aktivitas reproduksi, tetapi pola tersebut perlu dikonfirmasi secara statistik dan dikaitkan dengan faktor lingkungan. Analisis pola musiman telah digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara dinamika populasi dan faktor iklim, seperti curah hujan (Wijekoon et al., 2024). Pada konteks spesies tropis, perubahan kondisi lingkungan dapat memengaruhi ketersediaan sumber daya dan waktu aktivitas reproduksi. Namun, pola aktivitas musiman S. cheela di DIY serta hubungannya dengan curah hujan belum terdokumentasi secara kuantitatif. Penelitian Supratman et al. (2023) mengenai aktivitas Elang Jawa di Pusat Suaka Satwa Elang Jawa lebih berfokus pada anggaran aktivitas harian dan belum mengkaji variasi musiman maupun fenologi perkembangbiakan.

Informasi mengenai perilaku sosial juga dapat memperkuat interpretasi terhadap pola perkembangbiakan. Perjumpaan individu dalam kondisi soliter, berpasangan, maupun berkelompok dapat memberikan gambaran mengenai struktur sosial dan kemungkinan aktivitas reproduksi pada lokasi tertentu. Konsentrasi pasangan pada lokasi tertentu, misalnya, dapat menjadi indikator awal keberadaan breeding sites, sedangkan kelompok kecil berpotensi berkaitan dengan pasangan bersama

juvenil. Analisis variasi spasial-temporal status kelompok dapat memberikan informasi mengenai kesetiaan lokasi dan dinamika populasi yang relevan bagi perencanaan konservasi (Nainggolan et al., 2019). Meskipun demikian, aspek perilaku sosial S. cheela dalam konteks breeding ecology di DIY belum dianalisis secara sistematis.

Permasalahan tersebut semakin relevan ketika dikaitkan dengan kesenjangan perlindungan habitat. Kawasan karst Gunungkidul, yang menunjukkan konsentrasi perjumpaan S. cheela, sebagian besar berada di luar kawasan konservasi formal dan menghadapi tekanan perubahan penggunaan lahan, termasuk aktivitas penambangan batu kapur. Ekosistem karst memiliki nilai keanekaragaman hayati yang tinggi sekaligus rentan terhadap degradasi (Chen et al., 2024). Di sisi lain, ketergantungan masyarakat terhadap sumber daya alam di kawasan karst menciptakan hubungan sosio-ekologis yang kompleks sehingga memerlukan pendekatan konservasi terpadu (Sulistiyowati et al., 2023). Upaya konservasi di luar kawasan formal dapat dilakukan melalui pendekatan berbasis masyarakat. Taufiqurrahman et al. (2020), misalnya, menunjukkan bahwa program adopsi sarang dapat menjadi pendekatan untuk mendukung perlindungan breeding sites raptor, termasuk S. cheela. Pemanfaatan potensi ekowisata berbasis pengamatan raptor juga dapat memberikan manfaat ekonomi sekaligus meningkatkan kesadaran konservasi masyarakat (Maharani et al., 2024).

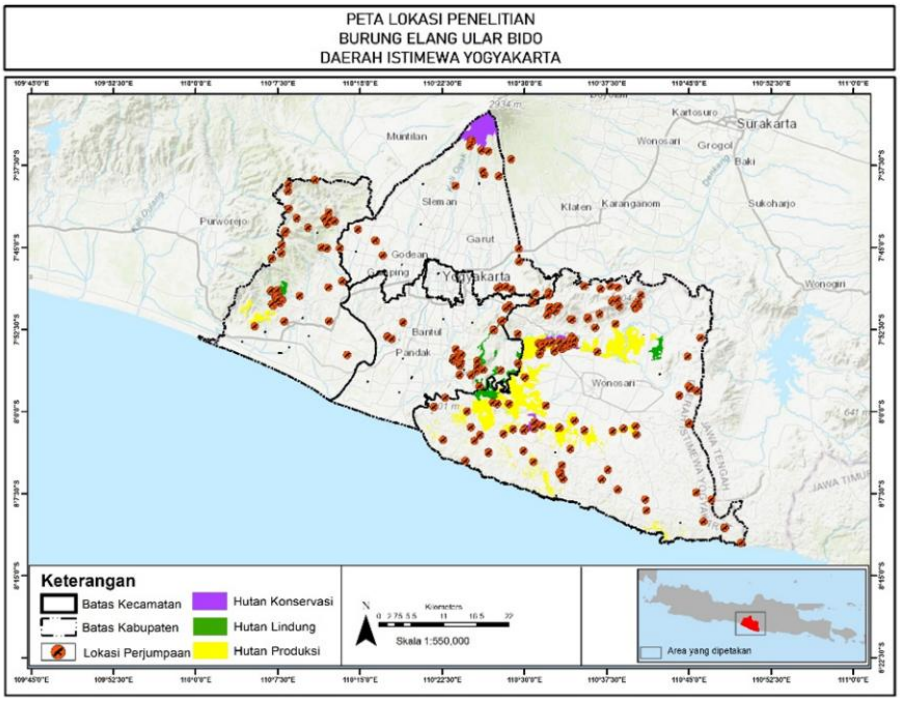
Pemodelan kesesuaian habitat dapat melengkapi informasi mengenai distribusi aktual dan lokasi perkembangbiakan dengan mengidentifikasi faktor lingkungan yang berkaitan dengan keberadaan spesies. Pendekatan *Maximum Entropy* (MaxEnt) banyak digunakan untuk memodelkan kesesuaian habitat berdasarkan data kehadiran dan variabel lingkungan, sehingga dapat membantu menentukan area yang berpotensi menjadi habitat penting. Integrasi informasi distribusi spesies dengan analisis kesenjangan kawasan konservasi juga dapat digunakan untuk menentukan lokasi prioritas perlindungan. Pendekatan pemodelan distribusi dan prioritas spasial telah menunjukkan manfaat dalam mendukung pengambilan keputusan konservasi (Sutomo et al., 2025; Hernández et al., 2025). Namun, pendekatan yang mengintegrasikan identifikasi breeding sites, pola aktivitas musiman, perilaku sosial, pemodelan kesesuaian habitat, dan kesenjangan kawasan konservasi untuk S. cheela di DIY belum dilakukan secara sistematis.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi lokasi breeding sites S. cheela di DIY berdasarkan pola spasial-temporal perjumpaan pasangan, menganalisis pola aktivitas musiman dan hubungannya dengan curah hujan, serta mengkaji variasi perilaku sosial secara spasial dan temporal. Penelitian ini juga memodelkan kesesuaian habitat menggunakan MaxEnt dan melakukan gap analysis untuk mengevaluasi ketercakupan lokasi penting bagi spesies dalam kawasan konservasi formal. Pendekatan tersebut diharapkan dapat menghasilkan informasi spasial-temporal yang lebih komprehensif mengenai ekologi S. cheela sekaligus menyediakan dasar ilmiah untuk menentukan prioritas konservasi di DIY. Informasi mengenai lokasi breeding sites, karakteristik habitat, dan periode aktivitas penting dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan monitoring, perlindungan habitat, serta pengelolaan kawasan di dalam maupun di luar kawasan konservasi.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), Indonesia, meliputi Kabupaten Sleman, Bantul, Kulon Progo, Gunungkidul, dan Kota Yogyakarta. Wilayah ini memiliki keragaman bentang alam, mencakup kawasan karst Gunungkidul, perbukitan Menoreh, kawasan vulkanik dan lereng Gunung Merapi, serta kawasan pesisir yang berpotensi mendukung keberadaan *Spilornis cheela* (Supratman et al., 2023). Lokasi pengamatan mencakup Cagar Alam Imogiri, Tahura Bunder, Hutan Pendidikan Wanagama, perbukitan Menoreh, dan lereng Merapi. Penelitian berlangsung pada Februari–Mei 2026, meliputi pengumpulan dan kurasi data, analisis spasial-temporal, pemodelan kesesuaian habitat, serta analisis kesenjangan konservasi (*conservation gap analysis*). Hasil analisis digunakan untuk mengidentifikasi sebaran habitat potensial dan menilai keterwakilannya dalam kawasan konservasi sebagai dasar rekomendasi pengelolaan dan perlindungan spesies secara berkelanjutan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan sebaran perjumpaan Spilornis cheela di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Data Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif berbasis data sekunder (Creswell, 2014). Data utama berupa catatan perjumpaan S. cheela dari BKSDA Yogyakarta periode Januari 2024–Desember 2025 yang mencakup waktu, koordinat, jumlah individu, status kelompok, lokasi, dan informasi habitat. Data curah hujan bulanan diperoleh dari BMKG Stasiun Klimatologi Yogyakarta, sedangkan data spasial kawasan konservasi dan variabel lingkungan digunakan untuk gap analysis dan pemodelan kesesuaian habitat. Pengolahan data dilakukan menggunakan Microsoft Excel, sedangkan analisis statistik menggunakan JASP versi 0.18.3 atau SPSS. JASP dipilih karena menyediakan keluaran statistik yang komprehensif dan dapat direproduksi (Love et al., 2019).

Unit analisis adalah encounter events, bukan individu, karena terdapat kemungkinan re-sighting. Seluruh catatan perjumpaan digunakan sebagai total sampling, sedangkan identifikasi breeding sites dilakukan secara purposif berdasarkan catatan perjumpaan berpasangan.

Tabel 1. Sumber dan penggunaan data penelitian

Data	Sumber	Periode	Penggunaan
Perjumpaan *S. cheela*	BKSDA Yogyakarta	2024–2025	Distribusi, *breeding sites*, pola musiman, perilaku sosial
Curah hujan bulanan	BMKG Stasiun Klimatologi Yogyakarta	2024–2025	Analisis hubungan aktivitas dengan curah hujan
Data kawasan konservasi	BKSDA Yogyakarta/data spasial terkait	Periode penelitian	*Gap analysis*
Data koordinat *breeding sites*	Hasil ekstraksi data BKSDA	2024–2025	Pemodelan kesesuaian habitat
Variabel lingkungan	Data raster lingkungan	Periode pemodelan	Pemodelan MaxEnt

Kurasi Data dan Identifikasi Breeding Sites

Data dikurasi melalui pemeriksaan duplikasi, kesalahan pencatatan, koordinat, dan data yang hilang, kemudian diklasifikasikan berdasarkan bulan, tahun, lokasi, dan status kelompok. Breeding sites diidentifikasi berdasarkan catatan perjumpaan berpasangan pada lokasi yang sama. Lokasi

dengan sedikitnya tiga catatan pasangan selanjutnya dinilai berdasarkan frekuensi, temporal span, dan persistensi antartahun. Kategori kepercayaan tinggi ditetapkan pada lokasi dengan ≥5 catatan, pengamatan ≥6 bulan, dan tercatat pada kedua tahun; kategori sedang memiliki 3–4 catatan dengan rentang 3–6 bulan, sedangkan kategori rendah memiliki rentang temporal <3 bulan atau hanya tercatat pada satu tahun. Titik lokasi ditentukan berdasarkan centroid koordinat perjumpaan pasangan. Pendekatan ini bersifat inferensial karena keberadaan sarang tidak diverifikasi secara langsung.

Analisis Pola Musiman dan Perilaku Sosial

Pola aktivitas musiman dianalisis berdasarkan frekuensi perjumpaan bulanan Januari 2024–Desember 2025 menggunakan Chi-square goodness-of-fit dengan distribusi seragam sebagai nilai harapan. Standardized residuals digunakan untuk mengidentifikasi bulan dengan frekuensi perjumpaan yang menyimpang dari nilai harapan. Hubungan antara frekuensi perjumpaan dan curah hujan dianalisis melalui uji normalitas Shapiro–Wilk, dilanjutkan dengan korelasi Pearson atau Spearman sesuai distribusi data. Nilai $p < 0,05$ digunakan sebagai batas signifikansi (Wijekoon et al., 2024).

Perilaku sosial diklasifikasikan menjadi soliter, berpasangan, dan berkelompok. Hubungan status kelompok dengan lokasi dan periode temporal diuji menggunakan Chi-square test of independence, dengan Cramér's V sebagai ukuran efek dan standardized residuals untuk mengidentifikasi kategori yang berkontribusi terhadap asosiasi. Interval kepercayaan 95% proporsi dihitung menggunakan metode Wilson score (Nainggolan et al., 2019).

Pemodelan Kesesuaian Habitat dengan MaxEnt

Pemodelan kesesuaian habitat dimodelkan menggunakan Maximum Entropy (MaxEnt) versi 3.4.4 dengan pendekatan presence-only, karena data ketidakhadiran spesies tidak tersedia (Phillips et al., 2006). Data presence berupa koordinat breeding sites yang telah divalidasi dan dibersihkan dari duplikasi, kemudian disusun dalam format .csv sesuai kebutuhan MaxEnt (Phillips et al., 2017). Variabel lingkungan diseragamkan dalam sistem koordinat, extent, ukuran piksel, dan resolusi spasial sebelum digunakan dalam pemodelan.

Kinerja model dievaluasi menggunakan kurva Receiver Operating Characteristic (ROC) dan Area Under the Curve (AUC). Nilai AUC 0,50–0,70 dikategorikan rendah, 0,70–0,90 baik, dan >0,90 sangat baik (Swets, 1988). Kontribusi variabel lingkungan dianalisis berdasarkan percent contribution, response curve, dan jackknife (Phillips et al., 2006; Elith et al., 2011).

Gap Analysis dan Prioritas Konservasi

Gap analysis dilakukan dengan membandingkan lokasi breeding sites terhadap batas kawasan konservasi formal untuk menentukan lokasi yang berada di dalam dan di luar kawasan perlindungan. Prioritas konservasi ditentukan menggunakan multi-criteria scoring berdasarkan tingkat kepercayaan lokasi (40%), status perlindungan (30%), tingkat ancaman habitat (20%), dan kelayakan implementasi (10%). Skor prioritas dihitung dengan persamaan:

$$\text{Skor Prioritas} = (K \times 0,40) + (P \times 0,30) + (A \times 0,20) + (L \times 0,10) \quad \text{..... (I)}$$

K adalah skor kepercayaan, P skor perlindungan, A skor ancaman, dan L skor kelayakan. Lokasi dengan skor tertinggi ditetapkan sebagai prioritas konservasi. Pendekatan berbasis kombinasi kesesuaian habitat, ancaman, dan aspek spasial dapat mendukung pengambilan keputusan konservasi (Lee et al., 2025). Hasil gap analysis kemudian diintegrasikan dengan distribusi breeding sites, pola musiman, perilaku sosial, dan kesesuaian habitat untuk menyusun rekomendasi konservasi berbasis lanskap (Yuan et al., 2025; Hernández et al., 2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Perjumpaan Spilornis cheela di Daerah Istimewa Yogyakarta

Hasil kurasi data sekunder BKSDA DIY periode Januari 2024–Desember 2025 menghasilkan 276 peristiwa perjumpaan valid dengan total 387 individu Spilornis cheela. Unit analisis berupa peristiwa perjumpaan karena identifikasi individu tidak dilakukan secara konsisten, sehingga kemungkinan re-sighting tetap ada. Data kemudian distandardisasi berdasarkan waktu, koordinat, jumlah individu, status kelompok, dan lokasi.

Secara spasial, perjumpaan tertinggi tercatat di Karst Gunungkidul sebanyak 84 perjumpaan (30,43%), diikuti Menoreh 58 (21,01%) dan Cagar Alam Imogiri 51 (18,48%). Sebanyak 40 perjumpaan (14,49%) termasuk kluster lainnya, 39 (14,13%) pada Wanagama–Merapi, dan 4 (1,45%) pada Merapi. Sebagian besar perjumpaan terjadi di luar kawasan konservasi formal, yaitu 216 peristiwa (78,26%), sedangkan 60 peristiwa (21,74%) tercatat di dalam kawasan konservasi. Pola ini menunjukkan bahwa S. cheela memanfaatkan berbagai tipe lanskap dan tidak terbatas pada kawasan perlindungan formal.

Berdasarkan status kelompok, perjumpaan didominasi individu soliter sebanyak 161 peristiwa (58,33%), diikuti pasangan 75 (27,17%) dan kelompok ≥3 individu sebanyak 40 (14,49%). Perjumpaan berpasangan selanjutnya digunakan sebagai dasar identifikasi breeding sites berdasarkan frekuensi, persistensi antartahun, dan rentang waktu perjumpaan. Berdasarkan tahun, tercatat 151 perjumpaan (54,71%) pada 2024 dan 125 (45,29%) pada 2025. Perbedaan tersebut tidak dapat diartikan sebagai perubahan populasi karena frekuensi perjumpaan merupakan ukuran deteksi, bukan estimasi ukuran populasi.

Tabel 2. Karakteristik perjumpaan Spilornis cheela di Daerah Istimewa Yogyakarta periode 2024–2025

Variabel	Kategori	Frekuensi	Persentase (%)
Status Kawasan	Dalam KK	60	21,74
	Luar KK	216	78,26
Status Kelompok	Soliter	161	58,33
	Pairs	75	27,17
	Groups (≥3)	40	14,49
Kluster Lokasi	Karst Gunungkidul	84	30,43
	Menoreh	58	21,01
	CA Imogiri	51	18,48
	Lainnya	40	14,49
	Wanagama_Merapi	39	14,13
	Merapi	4	1,45
Tahun	2024	151	54,71
	2025	125	45,29
Total		**276**	**100,00**

b. Pola Aktivitas Musiman dan Hubungannya dengan Curah Hujan

Frekuensi perjumpaan *Spilornis cheela* menunjukkan variasi antarbulan selama periode pengamatan 2024–2025, yang mengindikasikan adanya perbedaan pola temporal keberadaan spesies tersebut. Frekuensi perjumpaan tertinggi tercatat pada Oktober sebanyak 44 perjumpaan, diikuti November sebanyak 33 perjumpaan, sedangkan frekuensi terendah ditemukan pada April dengan 16 perjumpaan. Hasil uji *Chi-square goodness-of-fit* menunjukkan bahwa distribusi frekuensi perjumpaan bulanan berbeda secara signifikan dari distribusi seragam (χ^2 = 33,130; df = 11; p < 0,001). Temuan ini mengindikasikan bahwa perjumpaan *S. cheela* tidak tersebar secara merata sepanjang tahun. Analisis lanjutan menggunakan *standardized residual* menunjukkan bahwa Oktober (Z = +4,38) dan November (Z = +2,09) memiliki frekuensi perjumpaan yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan nilai harapan, sehingga keduanya diidentifikasi sebagai bulan puncak (*peak months*). Sebaliknya, tidak ditemukan bulan dengan nilai residual kurang dari -1,96, yang menunjukkan bahwa tidak terdapat bulan dengan penurunan frekuensi perjumpaan secara signifikan terhadap nilai harapan. Pola tersebut memperlihatkan adanya konsentrasi perjumpaan pada Oktober–November dibandingkan bulan lainnya. Meskipun demikian, peningkatan frekuensi perjumpaan belum dapat secara langsung diinterpretasikan sebagai peningkatan aktivitas biologis spesies karena dapat dipengaruhi oleh intensitas pengamatan, kondisi lingkungan, dan probabilitas deteksi. Dengan demikian, variasi temporal yang ditemukan memberikan gambaran awal mengenai periode

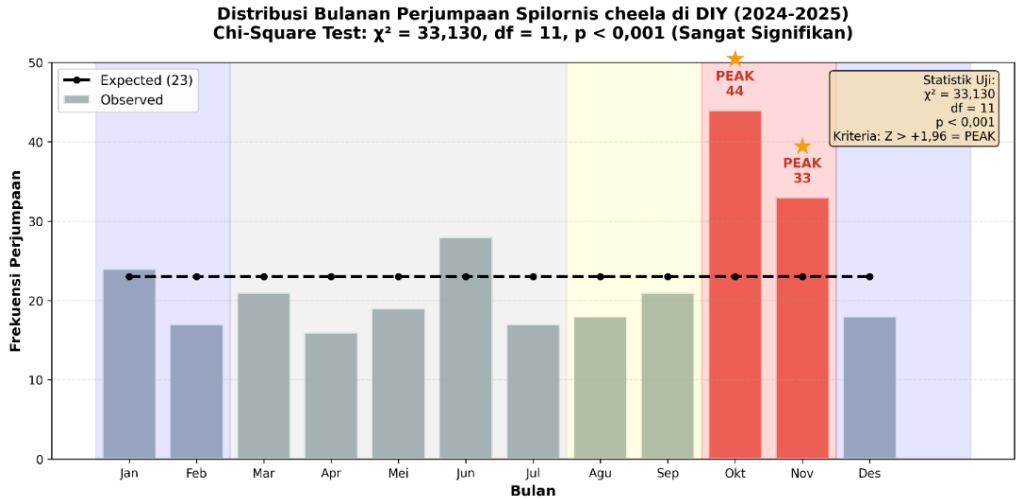
perjumpaan tertinggi *S. cheela* sebagai dasar evaluasi pemantauan populasi dan pengelolaan habitat secara lebih terarah.

Tabel 3. Distribusi bulanan perjumpaan Spilornis cheela berdasarkan standardized residual

Bulan	*Observed*	*Expected*	*Residual*	*Std. Residual (Z)*	*Kategori*	*Periode Breeding*
Januari	24	23,0	+1,0	+0,21	Normal	Post-Breeding
Februari	17	23,0	-6,0	-1,25	Normal	Non-Breeding
Maret	21	23,0	-2,0	-0,42	Normal	Non-Breeding
April	16	23,0	-7,0	-1,46	Normal	Non-Breeding
Mei	19	23,0	-4,0	-0,83	Normal	Non-Breeding
Juni	28	23,0	+5,0	+1,04	Normal	Non-Breeding
Juli	17	23,0	-6,0	-1,25	Normal	Non-Breeding
Agustus	18	23,0	-5,0	-1,04	Normal	Pre-Breeding
September	21	23,0	-2,0	-0,42	Normal	Pre-Breeding
Oktober	**44**	**23,0**	**+21,0**	**+4,38**	**PEAK**	**Peak Breeding**
November	**33**	**23,0**	**+10,0**	**+2,09**	**PEAK**	**Peak Breeding**
Desember	18	23,0	-5,0	-1,04	Normal	Post-Breeding
Total	**276**	**276**	**0**			

Sumber: Hasil analisis SPSS, 2026
Catatan: Z > +1,96 = Peak month (signifikan pada α=0,05)

Berdasarkan pola tersebut, aktivitas dikategorikan menjadi non-breeding (Februari–Juli), pre-breeding (Agustus–September), peak breeding (Oktober–November), dan post-breeding (Desember–Januari). Periode Oktober–November mencakup 77 perjumpaan (27,90%) dan menjadi periode aktivitas tertinggi. Pola ini menunjukkan komponen musiman dalam aktivitas S. cheela dan mengindikasikan pentingnya periode tersebut dalam siklus reproduksi. Temuan ini sejalan dengan pola fenologi breeding S. cheela yang dilaporkan di beberapa wilayah Asia, meskipun perlu ditafsirkan hati-hati karena penelitian tidak mengamati reproduksi secara langsung.



Gambar 2. Grafik distribusi bulanan perjumpaan dan curah hujan Spilornis cheela di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Hubungan aktivitas dengan curah hujan diuji menggunakan korelasi Spearman setelah uji Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa frekuensi perjumpaan berdistribusi normal (W = 0,940; p = 0,162), sedangkan curah hujan tidak normal (W = 0,873; p = 0,006). Hasil korelasi menunjukkan ρ = -0,002; p = 0,993 (N = 24), sehingga tidak terdapat hubungan signifikan antara frekuensi perjumpaan S. cheela dan curah hujan bulanan.

Tabel 4. Hasil uji normalitas dan korelasi antara frekuensi perjumpaan Spilornis cheela dan curah hujan

Test Statistics	*Frekuensi Perjumpaan*	*Curah Hujan*
Shapiro-Wilk Test		
W Statistic	0,940	0,873
Sig. (p-value)	0,162 (Normal)	0,006 (Tidak Normal)
Spearman's Correlation		
Correlation Coefficient (ρ)	1,000	-0,002
Sig. (2-tailed)	-	0,993
N	24	24
Interpretasi		**Tidak ada korelasi signifikan**

Sumber: Hasil analisis SPSS, 2026.

Tidak ditemukannya korelasi menunjukkan bahwa curah hujan bulanan tidak menjelaskan variasi perjumpaan secara linear. Namun, hal tersebut tidak meniadakan kemungkinan pengaruh ekologis curah hujan karena hubungan dapat bersifat non-linear, memiliki threshold effect, atau time-lag effect melalui perubahan ketersediaan mangsa. Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut yang mengintegrasikan kondisi iklim, ketersediaan mangsa, dan indikator reproduksi.

Puncak perjumpaan pada Oktober–November tetap menunjukkan fenologi aktivitas yang kuat, meskipun peran curah hujan sebagai faktor pengontrol belum terbukti secara linear. Pengamatan langsung terhadap sarang, telur, anakan, keberhasilan fledging, dan ketersediaan mangsa diperlukan untuk memperjelas hubungan antara pola musiman, kondisi iklim, dan keberhasilan reproduksi S. cheela.

Pola Perilaku Sosial dan Variasi Spasial-Temporal

Perilaku sosial Spilornis cheela diklasifikasikan menjadi soliter, pasangan, dan kelompok (≥3 individu). Dari 276 perjumpaan, perilaku soliter mendominasi sebanyak 161 (58,33%), diikuti pasangan 75 (27,17%) dan kelompok 40 (14,49%). Secara spasial, distribusi ketiga kategori relatif seragam pada seluruh kluster lokasi. Uji Pearson Chi-square menunjukkan tidak terdapat hubungan signifikan antara status kelompok dan kluster lokasi ($\chi^2 = 5,168$; df = 10; p = 0,880), dengan Cramér's V = 0,097. Tidak ditemukan standardized residual yang melebihi ±1,96, sehingga tidak terdapat wilayah tertentu yang menunjukkan kecenderungan perilaku sosial secara signifikan.

Tabel 5. Tabulasi Silang Status Kelompok × Kluster Lokasi

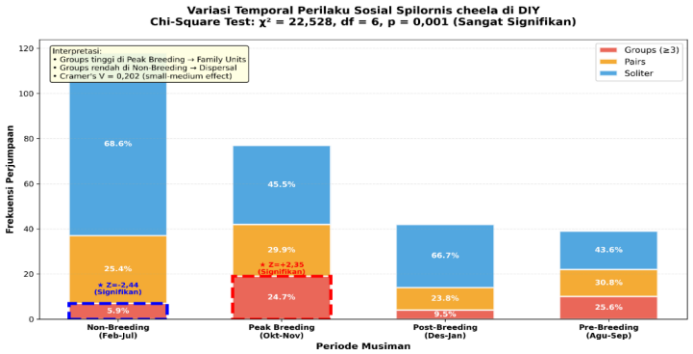
Status Kelompok	CA_ Imogiri	Karst	Lain-nya	Menoreh	Merapi	Wanagama	Total
Groups	6	10	7	12	0	5	**40**
Pairs	12	23	10	16	1	13	**75**
Soliter	33	51	23	30	3	21	**161**
Total	**51**	**84**	**40**	**58**	**4**	**39**	**276**

Chi-square = 5,168; df = 10; p = 0,880 (tidak signifikan); Cramer's V = 0,097
Sumber: Hasil analisis SPSS, 2026

Berbeda secara spasial, variasi temporal menunjukkan pola yang signifikan. Pada periode Peak Breeding (Oktober–November), tercatat 19 kelompok (47,50%) dari total 40 kelompok, meskipun periode tersebut hanya mencakup 27,90% waktu pengamatan. Sebaliknya, pada Non-Breeding (Februari–Juli), hanya ditemukan 7 kelompok (17,50%) dari 42,75% waktu pengamatan. Standardized residual menunjukkan kelompok pada Peak Breeding lebih tinggi dari yang diharapkan (Z = +2,35), sedangkan pada Non-Breeding lebih rendah (Z = −2,44). Uji Chi-square menghasilkan $\chi^2 = 22,528$ (df = 6; p = 0,001) dengan Cramér's V = 0,202, yang menunjukkan adanya asosiasi temporal dengan kekuatan small-to-medium.

Tabel 6. Tabulasi Silang Status Kelompok × Periode Musiman

Status	Non-Breeding	Peak Breeding	Post-Breeding	Pre-Breeding	Total
Groups	7 (-2,44*)	*19 (+2,35)**	4	10	**40**
Pairs	30	23	10	12	**75**
Soliter	81	35	28	17	**161**
Total	**118**	**77**	**42**	**39**	**276**



Gambar 3. Grafik perbandingan proporsi status kelompok antarperiode musiman.

Peningkatan kelompok pada Peak Breeding dapat mengindikasikan perubahan organisasi sosial yang berkaitan dengan fase reproduksi. Kelompok tersebut kemungkinan merupakan family units yang terdiri atas pasangan dewasa dan juvenil yang masih berada di sekitar area induknya. Namun, karena umur dan hubungan antarindividu tidak diidentifikasi secara langsung, interpretasi ini bersifat indikatif. Ketiadaan variasi spasial yang signifikan menunjukkan bahwa pola sosial tersebut lebih dipengaruhi dinamika musiman daripada lokasi tertentu. Temuan ini menegaskan pentingnya mempertimbangkan aspek temporal dalam pemantauan dan konservasi S. cheela.

Identifikasi dan Karakteristik Breeding Sites

Dari 276 perjumpaan Spilornis cheela, sebanyak 75 perjumpaan (27,17%) melibatkan pasangan dan digunakan untuk mengidentifikasi kandidat breeding sites. Identifikasi dilakukan menggunakan tiga indikator, yaitu frekuensi perjumpaan pasangan, persistensi antar tahun (2024–2025), dan temporal span atau jumlah bulan berbeda saat pasangan tercatat. Pendekatan ini digunakan untuk menilai intensitas, konsistensi, dan durasi penggunaan suatu lokasi.

Karst Gunungkidul memiliki frekuensi pasangan tertinggi (23; 30,67%), diikuti Menoreh (16; 21,33%), Wanagama–Merapi (13; 17,33%), Cagar Alam Imogiri (12; 16,00%), dan lokasi lainnya (10; 13,33%). Kelima kluster tersebut memiliki perjumpaan pada kedua tahun pengamatan dengan temporal span 6–11 bulan. Sebaliknya, Merapi hanya mencatat satu pasangan pada satu bulan dan hanya pada 2025. Berdasarkan kriteria frekuensi ≥5 pasangan, persistensi pada kedua tahun, dan temporal span ≥6 bulan, lima kluster dikategorikan sebagai HIGH confidence, sedangkan Merapi termasuk LOW confidence.

Tabel 7. Identifikasi *Breeding Sites* Berdasarkan Multi-Kriteria Pasangan

Kluster Lokasi	***Freq Pairs***	***% dari Total***	***Persistensi 2024-2025***	***Temporal Span***	***Confidence***
Karst Gunungkidul	23	30,67%	(11 + 12)	11 bulan	**High**
Menoreh	16	21,33%	(9 + 7)	8 bulan	**High**
Wanagama_Merapi	13	17,33%	(10 + 3)	9 bulan	**High**
CA_Imogiri	12	16,00%	(9 + 3)	6 bulan	**High**
Lainnya	10	13,33%	(4 + 6)	7 bulan	**High**
Merapi	1	1,33%	(0 + 1)	1 bulan	Low
Total	**75**	**100,00%**			

Catatan: Angka dalam kurung pada kolom Persistensi menunjukkan jumlah pairs di tahun 2024 dan 2025

Persistensi perjumpaan pasangan selama dua tahun menunjukkan konsistensi penggunaan lokasi dan memperkuat statusnya sebagai kandidat breeding sites. Namun, temuan ini belum membuktikan site fidelity individu karena tidak dilakukan identifikasi atau pelacakan individu. Temporal span yang panjang juga menunjukkan bahwa lokasi kemungkinan dimanfaatkan tidak hanya untuk nesting, tetapi juga aktivitas foraging dan roosting. Karst Gunungkidul menjadi breeding hotspot utama dengan 23 pasangan dan temporal span 11 bulan.

Kelima kluster HIGH confidence mencakup 74 pasangan atau 98,67% dari seluruh pasangan yang tercatat, sehingga dapat menjadi prioritas utama untuk verifikasi dan perlindungan habitat reproduksi. Meskipun demikian, jumlah tersebut merupakan estimasi minimum karena data berasal dari pemantauan oportunistik dan belum mencakup verifikasi langsung keberhasilan reproduksi.

Model Distribusi dan Kesesuaian Habitat Spilornis cheela

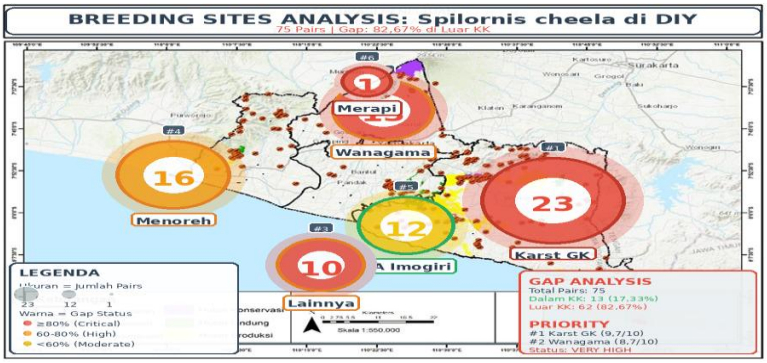
Model distribusi Spilornis cheela di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dibangun dengan mengintegrasikan sebaran breeding sites, pola aktivitas musiman, perilaku sosial, serta kesesuaian habitat berdasarkan variabel lingkungan. Secara spasial, breeding sites terkonsentrasi terutama di Karst Gunungkidul (30,67% pasangan), sedangkan kluster lainnya tersebar pada kawasan Menoreh, Wanagama–Merapi, CA Imogiri, dan wilayah lainnya. Kelima kluster dengan high confidence menunjukkan penggunaan habitat yang heterogen, mulai dari kawasan karst, agroforestry, hutan pendidikan, hingga cagar alam. Kondisi tersebut menunjukkan kemampuan S. cheela memanfaatkan berbagai habitat selama tersedia substrat nesting dan area foraging yang memadai.

Secara temporal, aktivitas tertinggi terjadi pada Oktober–November (Peak Breeding) dengan 77 perjumpaan (27,90%), sedangkan periode Non-Breeding mencakup 42,75%, Pre-Breeding 14,13%, dan Post-Breeding 15,22%. Peningkatan proporsi kelompok pada Peak Breeding (47,5%) juga mendukung indikasi adanya aktivitas reproduksi dan kemungkinan kemunculan family units. Dengan demikian, distribusi S. cheela di DIY bersifat dinamis secara spasial dan temporal, dengan Karst Gunungkidul sebagai salah satu core breeding area dan kluster lainnya sebagai habitat pendukung.

Hasil gap analysis terhadap 75 pasangan menunjukkan bahwa hanya 13 pasangan (17,33%) berada di dalam kawasan konservasi, sedangkan 62 pasangan (82,67%) berada di luar kawasan konservasi. Karst Gunungkidul memiliki gap tertinggi (100%), diikuti Wanagama–Merapi (92,31%) dan Lainnya (90%). Menoreh memiliki gap 68,75%, sedangkan CA Imogiri sebesar 50%. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar lokasi breeding belum tercakup dalam sistem perlindungan kawasan konservasi formal dan berpotensi menghadapi tekanan berupa konversi lahan, pertambangan, penebangan pohon nesting, dan gangguan antropogenik.

Tabel 8. Gap Analysis: Distribusi Pasangan Berdasarkan Status Kawasan per Kluster

Kluster	*Dalam KK*	*Luar KK*	*Total*	*% Luar KK*	*Gap Status*
Karst Gunungkidul	0	23	23	100,00%	Critical
Wanagama_Merapi	1	12	13	92,31%	Critical
Lainnya	1	9	10	90,00%	Critical
Menoreh	5	11	16	68,75%	High
CA_Imogiri	6	6	12	50,00%	Moderate
Merapi	0	1	1	100,00%	-
Total	**13**	**62**	**75**	**82,67%**	**Critical**



Gambar 4. Peta Distribusi Breeding Sites dan Status Kawasan Konservasi

Karst Gunungkidul menjadi perhatian utama karena seluruh 23 pasangan berada di luar kawasan konservasi. Kondisi serupa ditemukan pada Wanagama–Merapi dan kluster Lainnya yang memiliki gap lebih dari 90%. Sementara itu, CA Imogiri menunjukkan tingkat perlindungan relatif lebih baik karena separuh pasangan berada di dalam kawasan.

Prioritas perlindungan ditentukan melalui multi-criteria scoring berdasarkan confidence level (40%), gap (30%), ancaman (20%), dan feasibility (10%). Pendekatan ini digunakan untuk mengidentifikasi kluster yang memerlukan intervensi konservasi lebih mendesak.

Tabel 9. *Priority Scoring* dan *Ranking Breeding Sites*

Rank	Kluster	Conf Score (40%)	Gap Score (30%)	Threat Score (20%)	Feas Score (10%)	Total	Priority
1	Karst Gunungkidul	4,0	3,0	2,0	0,7	**9,7**	Very High
2	Wanagama_Merapi	4,0	3,0	0,8	0,9	**8,7**	Very High
3	Lainnya	4,0	3,0	1,2	0,4	**8,6**	Very High
4	Menoreh	4,0	2,4	1,2	0,6	**8,2**	Very High
5	CA_Imogiri	4,0	1,5	0,4	1,0	**6,9**	High

Sumber: Hasil multi-criteria analysis, 2026

Catatan: Skor maksimal = 10; very high ≥7,0; high 5,5-6,9

Karst Gunungkidul memperoleh skor tertinggi (9,7) dan menjadi prioritas very high karena memiliki jumlah pasangan terbanyak, gap 100%, serta tekanan antropogenik yang tinggi. Wanagama–Merapi (8,7), Lainnya (8,6), dan Menoreh (8,2) juga termasuk prioritas very high, sedangkan CA Imogiri (6,9) termasuk high. Hasil ini menegaskan perlunya pendekatan konservasi berbasis lanskap yang tidak hanya berfokus pada kawasan konservasi formal.

Pemodelan kesesuaian habitat Spilornis cheela dilakukan menggunakan metode Maximum Entropy (MaxEnt) berdasarkan 68 titik presence dan 10.067 titik background. MaxEnt sesuai digunakan untuk data kehadiran tanpa memerlukan data ketidakhadiran (absence) (Phillips & Dudík, 2008). Delapan variabel lingkungan digunakan sebagai prediktor, meliputi curah hujan, suhu, elevasi, slope, NDVI, tutupan lahan, jarak ke permukiman, dan jarak ke sungai. Karakteristik variabel yang digunakan dalam model disajikan pada Tabel 10.

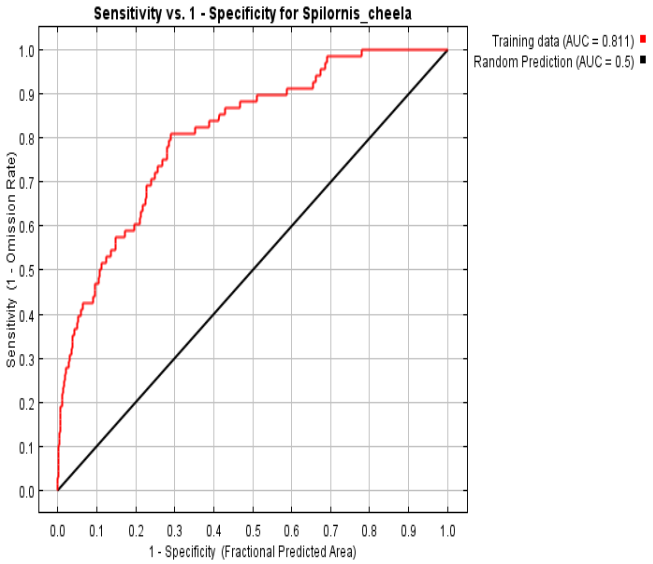
Tabel 10. Data spasial variabel lingkungan

No	Komponen Habitat	Variabel	Range	Satuan
1	Iklim	Curah Hujan	2.137,92 – 3.592,86	mm/tahun
2	Iklim	Suhu	25,50-26,14	°C
3	Topografi	Elevasi	-4,66-1.942,38	Mdpl
4	Topografi	Kemiringan Lereng (*Slope*)	0,01-67,34	derajat (°)
5	Vegetasi	NDVI	-0,60-0,91	Indeks
6	Tutupan Lahan	Tutupan Lahan	0 – 8 (kategorik: *water, trees, grass, flooded vegetation, crops, shrub & scrub, built area, bare, snow & ice*)	Kelas
7	Aksesibilitas	Jarak ke Pemukiman	0 – 8.182,58	Meter
8	Sumber Daya Air	Jarak Ke Sumber Air (Sungai)	0 – 13.660,94	Meter

Hasil pemodelan menunjukkan kinerja yang cukup baik pada data pelatihan. Training AUC sebesar 0,811 menunjukkan kemampuan model dalam membedakan lokasi presence dari titik background, dengan regularized training gain sebesar 0,611 dan unregularized training gain sebesar 0,854. Namun, nilai tersebut merupakan training AUC sehingga belum dapat digunakan sebagai validasi eksternal terhadap kemampuan generalisasi model. Ringkasan metrik model disajikan pada Tabel 11 dan Gambar 5.

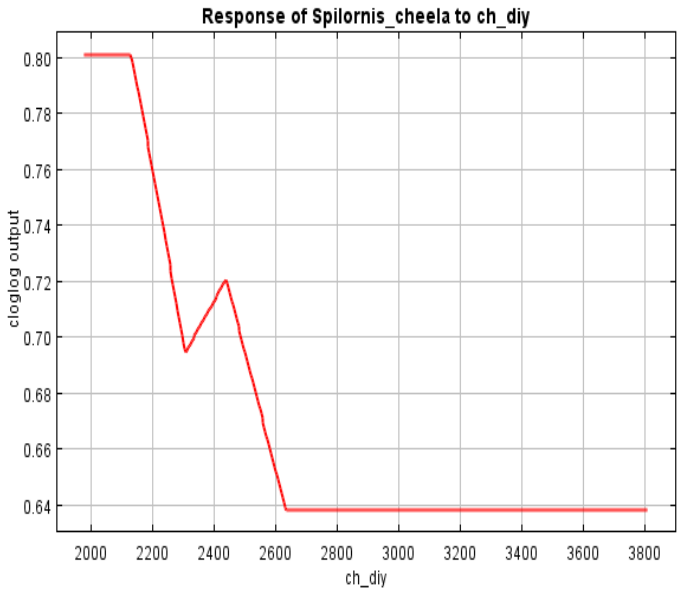
Tabel 11. Metrik kinerja model MaxEnt Spilornis cheela

Metrik	Nilai	Interpretasi
Regularized training gain	0,611	Informasi prediktif model setelah regularisasi
Unregularized training gain	0,854	Gain sebelum penalti regularisasi
Training AUC	0,811	Kinerja training tergolong baik secara praktis

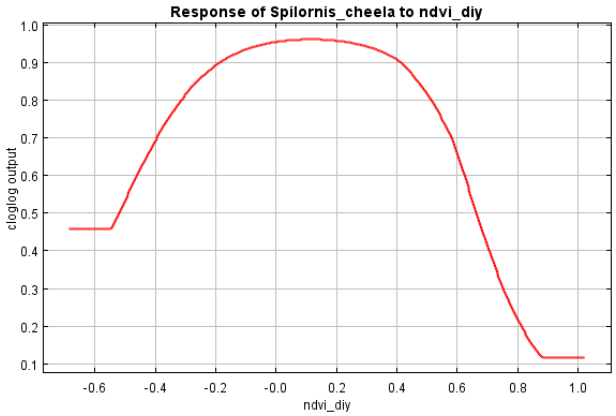


Gambar 5. Kinerja Model *Spilornis cheela*

Kurva respons menunjukkan bahwa kesesuaian habitat dipengaruhi oleh kombinasi kondisi iklim, vegetasi, topografi, dan sumber daya air. Curah hujan memperlihatkan respons yang tidak linear dengan prediksi relatif tinggi pada kisaran awal dan menurun pada kisaran sekitar 2.200–2.350 mm/tahun (Gambar 6.). NDVI menunjukkan kesesuaian relatif tinggi pada nilai sekitar 0,0–0,4, kemudian menurun pada nilai yang lebih tinggi (Gambar 7). Hal ini menunjukkan bahwa kerapatan vegetasi yang terlalu tinggi tidak selalu menghasilkan kesesuaian habitat tertinggi.

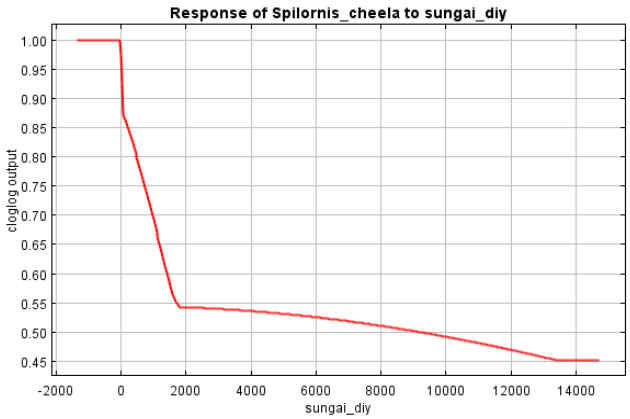


Gambar 6. Kurva respons prediksi terhadap variabel curah hujan

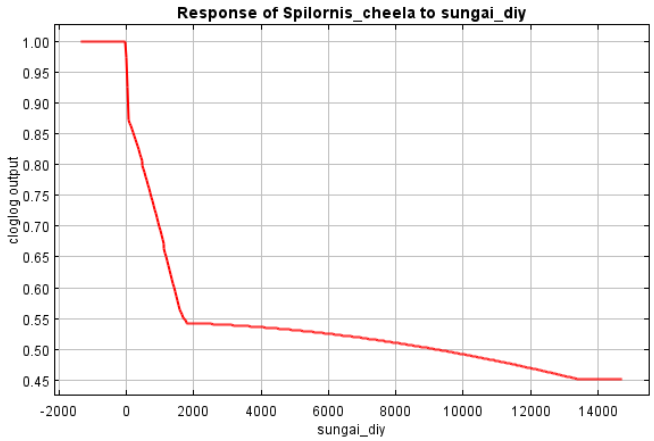


Gambar 7. Kurva respons prediksi terhadap variabel NDVI

Jarak dari sungai menjadi salah satu faktor paling penting dalam model. Kesesuaian habitat relatif tinggi pada lokasi yang dekat dengan sungai dan menurun hingga sekitar 1.500–2.000 m sebelum cenderung lebih landai pada jarak yang lebih jauh (Gambar 8). Pola ini menunjukkan pentingnya lingkungan riparian sebagai bagian dari habitat potensial S. cheela, baik melalui ketersediaan air maupun vegetasi dan sumber pakan di sekitarnya. Sementara itu, tutupan lahan menunjukkan perbedaan kesesuaian antar kelas, dengan kelas 1 memiliki keluaran prediksi tertinggi (Gambar 9). Interpretasi ekologis kelas tersebut perlu disesuaikan dengan legenda tutupan lahan yang digunakan.



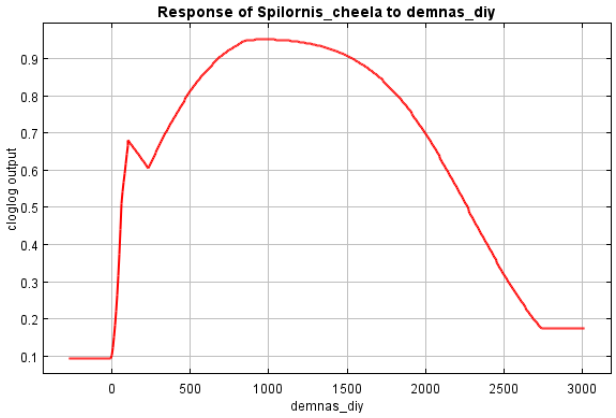
Gambar 8. Kurva respons prediksi terhadap variabel jarak dari sungai



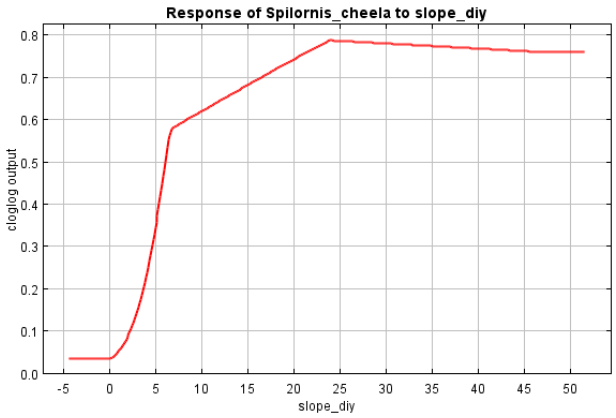
Gambar 9. Kurva respons prediksi terhadap variabel tutupan lahan

Pada komponen topografi, elevasi menunjukkan pola respons unimodal dengan kesesuaian relatif tinggi pada kisaran sekitar 800–1.300 mdpl (Gambar 10). Slope menunjukkan peningkatan kesesuaian

dari kondisi datar hingga sekitar 20–25°, kemudian cenderung stabil (Gambar 11). Sebaliknya, jarak dari permukiman memiliki kurva yang relatif datar dan kontribusi 0%, sehingga tidak memberikan informasi tambahan yang terdeteksi model pada konfigurasi data penelitian ini (Gambar 12). Hasil tersebut tidak berarti bahwa permukiman tidak berpengaruh secara ekologis, tetapi menunjukkan bahwa pengaruhnya tidak terdeteksi sebagai prediktor dalam model yang digunakan.



Gambar 10. Kurva respons prediksi terhadap elevasi



Gambar 11. Kurva respons prediksi terhadap slope



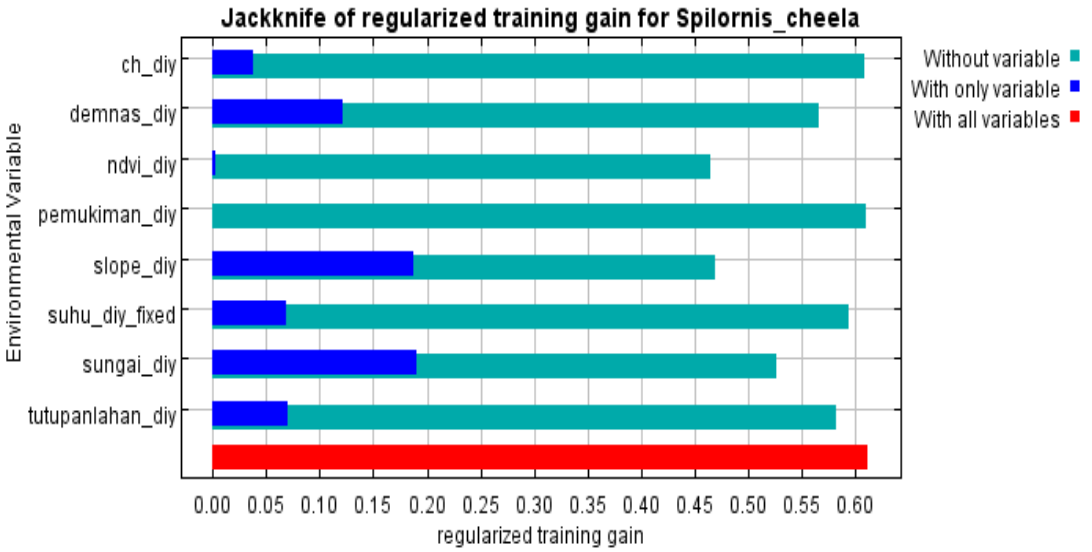
Gambar 12. Kurva respons prediksi terhadap jarak dari permukiman

Analisis kontribusi menunjukkan bahwa jarak dari sungai dan slope merupakan variabel dengan kontribusi pelatihan terbesar, masing-masing 31,5785% dan 31,4904%. Slope memiliki permutation importance tertinggi sebesar 37,1288%, sedangkan NDVI memiliki permutation importance sebesar 17,2914%. Hasil ini menunjukkan bahwa kedekatan dengan sungai, kondisi topografi, dan vegetasi merupakan prediktor penting dalam model, meskipun ukuran kontribusi tersebut merupakan ukuran relatif dan tidak dapat ditafsirkan sebagai hubungan kausal.

Tabel 12. Persentase kontribusi model masing-masing variabel pada Spilornis cheela

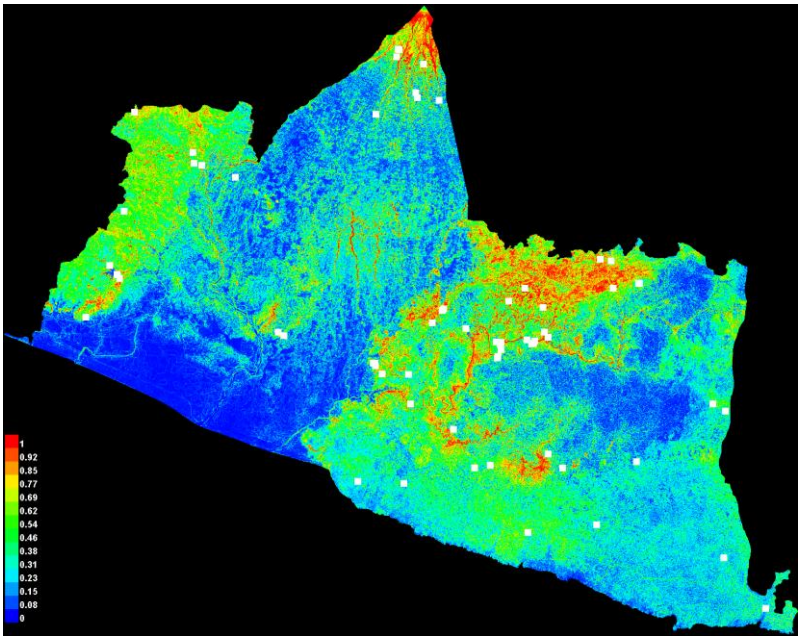
Variabel	Kontribusi (%)	Permutation importance (%)	Interpretasi utama
Jarak dari sungai	31,5785	14,8133	Kontribusi pelatihan tertinggi; kesesuaian lebih tinggi dekat sungai
Slope	31,4904	37,1288	Sensitivitas pengacakan tertinggi; kondisi miring lebih mendukung
NDVI	14,6888	17,2914	Informasi unik terbesar menurut jackknife
Elevasi/DEM NAS	13,2251	17,0290	Kesesuaian tertinggi pada kisaran elevasi menengah
Tutupan lahan	4,8791	5,3178	Kelas 1 paling sesuai, tetapi label kelas perlu dikonfirmasi
Suhu	3,9136	6,0384	Berperan kecil–menengah dalam model
Curah hujan	0,2245	2,3812	Pengaruh relatif kecil dan respons tidak linear
Jarak dari pemukiman	0,0000	0,0000	Tidak memberi informasi prediktif dalam model ini

Analisis jackknife memperkuat pentingnya variabel hidrologi dan vegetasi. Jarak dari sungai menghasilkan training gain tertinggi ketika digunakan sebagai satu-satunya variabel, sedangkan penghilangan NDVI menghasilkan penurunan gain terbesar, dari 0,6112 menjadi 0,4648. Dengan demikian, jarak sungai memiliki kemampuan penjelasan yang kuat secara mandiri, sementara NDVI menyediakan informasi unik yang tidak sepenuhnya digantikan oleh variabel lainnya.



Gambar 13. Hasil jackknife regularized training gain

Peta prediksi menunjukkan bahwa nilai kesesuaian habitat S. cheela berkisar 0–1 dan membentuk beberapa kantong habitat dengan kesesuaian tinggi, terutama pada bagian tengah hingga timur serta sebagian wilayah utara dan barat DIY (Gambar 14). Sebagian besar titik presence berada pada area dengan kesesuaian sedang hingga tinggi, meskipun beberapa titik berada pada kesesuaian rendah. Pola tersebut menunjukkan bahwa habitat potensial S. cheela bersifat tidak merata dan terfragmentasi. Secara umum, habitat yang diprediksi sesuai dicirikan oleh kombinasi kedekatan dengan sungai, slope sedang hingga agak curam, elevasi menengah, serta kondisi vegetasi dan tutupan lahan tertentu.



Gambar 14. Peta prediksi kesesuaian habitat Spilornis cheela

Hasil model dapat dimanfaatkan sebagai dasar penentuan lokasi survei lanjutan dan prioritas pengelolaan habitat. Area dengan kesesuaian tinggi perlu diverifikasi melalui survei lapangan, khususnya pada kawasan yang berdekatan dengan sungai dan memiliki kondisi topografi serta vegetasi yang sesuai. Perlindungan koridor riparian, pemeliharaan vegetasi, dan pengendalian perubahan tutupan lahan menjadi penting untuk mempertahankan habitat potensial. Namun, peta kesesuaian tidak dapat diperlakukan sebagai batas pasti keberadaan spesies sehingga tetap diperlukan pembaruan data presence, verifikasi lapangan, dan validasi model menggunakan data independen.

Analisis Fenologi Breeding, Plastisitas Habitat, dan Karakteristik Ekologis Spilornis cheela

Puncak aktivitas Spilornis cheela di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) terjadi pada Oktober–November dan berbeda nyata antarbulan ($\chi^2 = 33{,}130$; $p < 0{,}001$). Pola tersebut menunjukkan adanya keteraturan temporal yang berkaitan dengan periode reproduksi. Konsentrasi aktivitas pada awal musim kemarau kemungkinan berkaitan dengan kondisi lingkungan yang mendukung ketersediaan dan keterdeteksian mangsa, mengingat S. cheela merupakan raptor yang banyak memanfaatkan ular dan reptil. Kumar et al. (2025) juga melaporkan peningkatan capture rate reptil oleh S. cheela davisoni pada awal musim kemarau. Selain ketersediaan mangsa, kondisi cuaca yang lebih stabil dapat mendukung keberhasilan reproduksi. Meskipun hubungan linear antara curah hujan dan frekuensi perjumpaan tidak signifikan ($\rho = -0{,}002$; $p = 0{,}993$), kondisi tersebut tidak serta-merta meniadakan pengaruh curah hujan karena hubungan ekologis dapat bersifat non-linear atau memiliki ambang tertentu.

Pola tersebut diperkuat oleh meningkatnya proporsi kelompok pada periode peak breeding ($\chi^2 = 22{,}528$; $p = 0{,}001$), yang dapat mengindikasikan keberadaan unit keluarga, seperti pasangan dewasa bersama juvenil. Namun, interpretasi ini masih bersifat indikatif karena penelitian tidak melakukan identifikasi umur individu maupun verifikasi langsung terhadap sarang dan keberhasilan reproduksi. Secara temporal, pola di DIY juga menunjukkan kesesuaian dengan penelitian sebelumnya. Dermi et al. (2018) melaporkan puncak breeding S. cheela malayensis di Sumatera pada Oktober–November, sedangkan Kumar et al. (2025) menemukan puncak egg laying S. cheela davisoni di India pada Oktober–Desember. Hailegiorgis et al. (2025) juga menemukan puncak courtship Circaetus beaudouini pada awal musim kemarau. Kesamaan pola tersebut menunjukkan kemungkinan adanya sinkronisasi reproduksi raptor tropis dengan perubahan musiman ketersediaan sumber daya.

Dari aspek ruang, S. cheela menunjukkan kemampuan memanfaatkan habitat yang relatif heterogen. Sebanyak 78,26% perjumpaan dan 82,67% breeding sites berada di luar kawasan konservasi formal. Lokasi tersebut mencakup karst, agroforestri, hutan, tegalan, dan lanskap yang berdekatan dengan aktivitas manusia. Kondisi ini menunjukkan adanya plastisitas habitat, tetapi bukan berarti spesies tidak memiliki preferensi ekologis. Konsep functional habitat dapat menjelaskan

kondisi tersebut, yaitu habitat dengan struktur berbeda dapat tetap menyediakan fungsi ekologis yang serupa, khususnya substrat bersarang dan area mencari makan (Iswandaru et al., 2025).

Hasil MaxEnt memperkuat interpretasi tersebut. Jarak dari sungai dan slope menjadi variabel dengan kontribusi terbesar, masing-masing 31,5785% dan 31,4904%, sedangkan NDVI memberikan informasi unik terbesar berdasarkan analisis jackknife. Kesesuaian habitat relatif tinggi ditemukan pada lokasi yang dekat dengan sungai, slope sekitar 20–25°, elevasi sekitar 800–1.300 mdpl, serta kondisi vegetasi tertentu. Kedekatan dengan sungai kemungkinan berkaitan dengan ketersediaan mangsa dan sumber daya habitat, sebagaimana dilaporkan Ahmad et al. (2022) dan Mahananda et al. (2024). Pentingnya topografi juga sejalan dengan Syartinilia et al. (2024) dan Aryanti et al. (2021) yang menunjukkan hubungan antara kemiringan lereng dan kesesuaian habitat elang.

Meskipun mampu memanfaatkan lanskap antropogenik, fleksibilitas tersebut memiliki batas. Rendahnya frekuensi perjumpaan di Merapi dibandingkan kluster lain dapat mengindikasikan bahwa gangguan antropogenik yang intens, seperti aktivitas wisata dan lalu lintas manusia, berpotensi membatasi pemanfaatan habitat. Hal ini sejalan dengan Andrew dan Stephard (2025) yang menunjukkan bahwa raptor dapat memiliki fleksibilitas dalam pemanfaatan habitat, tetapi tetap sensitif terhadap gangguan manusia. Faktor antropogenik juga penting diperhatikan karena Human Footprint Index dan jarak terhadap jalan dapat menjadi prediktor penting bagi habitat raptor dan burung (Zeng et al., 2026; Li et al., 2026). Dengan demikian, keberadaan S. cheela di lanskap antropogenik lebih tepat dipahami sebagai bentuk plastisitas ekologis yang tetap bergantung pada tersedianya fungsi habitat dan tingkat gangguan yang masih dapat ditoleransi.

Kesenjangan Konservasi, Prioritas Perlindungan, dan Implikasi Pengelolaan

Besarnya proporsi breeding sites di luar kawasan konservasi formal menunjukkan adanya kesenjangan perlindungan yang perlu menjadi perhatian dalam pengelolaan S. cheela di DIY. Sebanyak 82,67% breeding sites berada di luar kawasan konservasi. Pola serupa ditemukan pada raptor lain, ketika sebagian besar habitat potensial bersarang berada di luar kawasan lindung (Sharma et al., 2023), sementara habitat raptor di dalam maupun luar kawasan konservasi tetap menghadapi tekanan industrialisasi, pembukaan lahan, dan perkembangan permukiman (Mahananda et al., 2024). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perlindungan spesies tidak dapat hanya mengandalkan kawasan konservasi formal.

Karst Gunungkidul menjadi prioritas konservasi tertinggi karena memiliki jumlah pasangan terbanyak, yaitu 23 pasangan (30,67%), sekaligus seluruh pasangan berada di luar kawasan konservasi. Wanagama–Merapi menjadi prioritas berikutnya, diikuti Menoreh, Lainnya, dan CA Imogiri berdasarkan hasil gap analysis dan priority ranking. Pendekatan ini sejalan dengan Downs et al. (2025) yang menekankan pentingnya mengintegrasikan informasi habitat dan populasi untuk menentukan lokasi prioritas konservasi. Hasil MaxEnt selanjutnya memberikan informasi ekologis tambahan dengan menunjukkan bahwa kedekatan sungai, slope, NDVI, dan elevasi merupakan karakteristik penting yang perlu dipertimbangkan dalam pengelolaan habitat.

Implikasinya adalah konservasi S. cheela perlu diarahkan pada skala lanskap dengan mempertahankan pohon besar sebagai substrat bersarang, vegetasi dan area terbuka sebagai habitat mencari makan, serta koridor sungai dan konektivitas habitat. Pendekatan working landscape conservation menjadi relevan karena sebagian besar lokasi reproduksi berada pada lanskap yang juga dimanfaatkan masyarakat. Pengelolaan tersebut dapat dilakukan melalui perlindungan lokasi reproduksi, pengendalian perubahan tutupan lahan dan fragmentasi, pengurangan gangguan pada periode breeding, serta pelibatan masyarakat. Pendekatan berbasis habitat dan koridor juga sejalan dengan rekomendasi Syartinilia et al. (2024), sedangkan pentingnya mempertimbangkan hubungan antarpredator ditunjukkan oleh Manchi et al. (2021).

Temuan ini juga memiliki implikasi bagi perluasan strategi konservasi di luar kawasan formal. Breeding sites yang berada di lanskap masyarakat dapat menjadi objek pengkajian lebih lanjut dalam kerangka Kawasan Ekosistem Esensial (KEE) atau kandidat Other Effective area-based Conservation Measures (OECMs). Namun, keberadaan breeding sites saja belum cukup untuk menetapkan suatu lokasi sebagai OECM karena diperlukan penilaian terhadap efektivitas konservasi, tata kelola, dan keberlanjutan pengelolaannya. Integrasi breeding sites, gap analysis, priority ranking, dan peta kesesuaian MaxEnt dapat menjadi dasar untuk menentukan lokasi verifikasi lapangan dan pengelolaan habitat secara lebih terarah.

Keterbatasan penelitian terutama berkaitan dengan penggunaan data sekunder oportunistik yang berpotensi memiliki perbedaan detection probability antarwilayah. Pendekatan multi-kriteria berupa frekuensi, persistensi antar tahun, dan temporal span digunakan untuk meningkatkan keandalan identifikasi breeding sites, tetapi verifikasi lapangan tetap diperlukan. Survei sistematis pada lima high-confidence breeding sites, terutama selama Oktober–November, perlu dilakukan untuk mengukur detection probability, keberhasilan reproduksi, dan kondisi habitat secara langsung. Pendekatan occupancy modeling dapat digunakan untuk mengatasi variasi probabilitas deteksi (MacKenzie et al., 2002), sedangkan pengembangan dan validasi model distribusi dengan data independen diperlukan untuk meningkatkan keandalan prediksi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa S. cheela memiliki pola reproduksi musiman dan plastisitas dalam memanfaatkan lanskap antropogenik, tetapi keberlanjutan habitatnya tetap dipengaruhi oleh kondisi ekologis dan tingkat gangguan. Tingginya proporsi breeding sites di luar kawasan konservasi menjadikan konservasi berbasis lanskap sebagai pendekatan yang penting. Karst Gunungkidul menjadi lokasi prioritas utama untuk verifikasi dan intervensi konservasi, sedangkan hasil MaxEnt dapat digunakan sebagai informasi pendukung untuk mempertahankan habitat dengan karakteristik ekologis yang sesuai dan memperkuat konektivitas antarhabitat.

KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa Spilornis cheela di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) memiliki pola distribusi dan aktivitas reproduksi yang dipengaruhi variasi ruang dan waktu. Dari 276 perjumpaan selama 2024–2025, teridentifikasi lima kluster breeding sites dengan high confidence yang mencakup 74 pasangan, dengan Karst Gunungkidul sebagai lokasi dengan jumlah pasangan tertinggi. Aktivitas menunjukkan pola musiman yang signifikan dengan puncak breeding pada Oktober–November, sedangkan hubungan frekuensi perjumpaan dengan curah hujan tidak menunjukkan korelasi linear yang signifikan.

Pemodelan MaxEnt menunjukkan bahwa jarak dari sungai, slope, NDVI, dan elevasi merupakan faktor penting dalam kesesuaian habitat S. cheela. Sebanyak 82,67% breeding sites berada di luar kawasan konservasi formal, sehingga Karst Gunungkidul menjadi prioritas utama konservasi. Hasil ini menegaskan pentingnya pendekatan landscape-level conservation melalui perlindungan breeding sites, pemeliharaan vegetasi dan habitat sungai, serta pengendalian perubahan dan fragmentasi habitat.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan melakukan survei sistematis pada lima *breeding sites* berkategori *high confidence*, terutama selama Oktober–November, untuk memverifikasi keberadaan sarang serta mengukur probabilitas deteksi, keberhasilan reproduksi, dan kondisi habitat secara langsung. Pendekatan *occupancy modeling* dapat digunakan untuk mengatasi variasi probabilitas deteksi, sedangkan model distribusi perlu dikembangkan dan divalidasi dengan data independen. Keterbatasan utama penelitian ini adalah penggunaan data sekunder oportunistik dengan probabilitas deteksi yang berpotensi berbeda antarwilayah, sehingga hasil identifikasi *breeding sites* dan prediksi kesesuaian habitat perlu diperlakukan sebagai dasar awal bagi verifikasi lapangan dan perencanaan konservasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) Yogyakarta atas penyediaan data perjumpaan *Spilornis cheela* dan kepada Stasiun Klimatologi BMKG Yogyakarta atas data curah hujan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, S., Khattak, R. H., Teng, L., Kaneez, K., Liu, Z. (2022) 'Factors Affecting Habitat Selection of Endangered Steppe Eagle (Aquila nipalensis) in Pakistan: Implications for Raptors Conservation', *Diversity*, 14(12), 1135. Available at: https://doi.org/10.3390/d14121135.

Andrew, M. E., Shephard, J. M. (2025) 'Importance of island-scale conservation for protecting sea eagle nesting habitat', *Biological Conservation*, 310, 111376. Available at: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111376.

Aryanti, N. A., Susilo, T. S. S. D., Ningtyas, A. N., Rahmadana, M. (2021) 'Pemodelan Spasial Kesesuaian Habitat Elang Jawa (Nisaetus bartelsi) di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru', *Jurnal Sylva Lestari*, 9(1), pp. 179–189. Available at: https://doi.org/10.23960/jsl19179-189.

BirdLife International (2024) *Spilornis cheela. The IUCN Red List of Threatened Species 2024: e.T22695347A266006620*. Available at: https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/crested-serpent-eagle-spilornis-cheela (Accessed: [tanggal akses]).

BKSDA Yogyakarta (2025) *Data perjumpaan Elang Ular Bido (Spilornis cheela) di Daerah Istimewa Yogyakarta Januari 2024–Desember 2025*. Data tidak dipublikasikan. Yogyakarta: Balai Konservasi Sumber Daya Alam Yogyakarta, Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.

Buechley, E. R., Girardello, M., Santangeli, A., Ruffo, A. D., Ayalew, G., Abebe, Y. D., Anderson, D. L., Buij, R., Carrete, M., Dalius, D., Dobrev, V., Efrat, R., García, J., Garcés-Toledano, F., Garbett, R., Gill, R. E., Heinicke, T., Kourouklas, N., Labuschagne, L., ..., Şekercioğlu, Ç. H. (2024) 'Priority areas for vulture conservation in the Horn of Africa largely fall outside the protected area network', *Bird Conservation International*, 32(2), pp. 188–205. Available at: https://doi.org/10.1017/S0959270921000228.

Chen, Y., Cheng, C., Xiong, K., Rong, L., Zhang, S. (2024) 'Quantifying the biodiversity and ecosystem service outcomes of karst ecological restoration: A meta-analysis of South China Karst', *Catena*, 245, 108278.

Creswell, J. W. (2014) *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. 4th edn. Thousand Oaks: SAGE Publications.

Dermi, D. F., Sedayu, A., Komala, R. (2018) 'Variasi pola vokalisasi pada taksonomi anak jenis Elang-ular (Spilornis cheela) di PKEK, Garut, Jawa Barat', *BIOMA: Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, 13(2), pp. 123–134. Available at: https://doi.org/10.21009/bioma13(2).1.

Downs, J., Beeman, S., Loraamm, R., Burch, C. (2025) 'Quantifying Potential Nesting Habitat and Maximum Spatial Carrying Capacity for Bald Eagles in Florida', *Papers in Applied Geography*, 11(3), pp. 265–275.

Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., Yates, C. J. (2011) 'A statistical explanation of MaxEnt for ecologists', *Diversity and Distributions*, 17(1), pp. 43–57. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x.

Hailegiorgis, T., Lemessa, D., Melese, D., Abebe, M., Nemomissa, S. (2025) 'Modeling the spatiotemporal habitat suitability distributions of cultural keystone Bidens macroptera (Adey Abeba) under climate change scenarios in Ethiopia', *Ecology and Evolution*, 15(1), e72115. Available at: https://doi.org/10.1002/ece3.72115.

Hernández, L. M., Espitía, P. N., Florián, D. A., Castiblanco, V. A., Cardoso, J. A., Gómez-Jiménez, M. I. (2025) 'Geographic distribution of Colombian spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) via ecological niche modeling: A prediction for the main tropical forages' pest in the Neotropics', *Insects*, 16(1), 42. Available at: https://doi.org/10.3390/insects16010042.

Iswandaru, D., Nurazizah, W. P., Rohman, F., Fitriana, Y. R. (2025) 'Analysis of bird diversity and feeding guilds in the Simpang Rusa Ecosystem Recovery Area, Susukan Baru Resort, Way Kambas National Park', *Jurnal Belantara*, 8(2), pp. 127–138. Available at: https://doi.org/10.29303/jbl.v8i2.1127.

Kumar, P. (2025) 'Birds belonging to orders Cuculiformes, Caprimulgiformes and Accipitriformes in Sehore, Bihar', *Research Vidyapith International Multidisciplinary Journal*, 2(6), pp. 1–12. Available at: https://doi.org/10.70650/rvimj.2025v2i6001.

Lee, G.-Y., Kim, N.-Y., Eom, T.-K., Kim, D.-K., Lee, S.-E., Ryu, T.-B. (2025) 'Spatial patterns and species distribution model-based conservation priorities for Scrophularia takesimensis on Ulleungdo', *Plants*, 14(22), 3498. Available at: https://doi.org/10.3390/plants14223498.

Li et al. (2026) [Disitasi dalam naskah tetapi tidak ada di daftar pustaka asli — lengkapi rujukannya.]

Love, J., Selker, R., Marsman, M., Jamil, T., Dropmann, D., Verhagen, J., Ly, A., Gronau, Q. F., Šmíra, M., Epskamp, S., Matzke, D., Wild, A., Knight, P., Rouder, J. N., Morey, R. D., Wagenmakers, E. J. (2019) 'JASP: Graphical statistical software for common statistical designs', *Journal of Statistical Software*, 88(2), pp. 1–17. Available at: https://doi.org/10.18637/jss.v088.i02.

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.

Mahananda, P., Saikia, P. K., Sarma, K., Saikia, M. K. (2024) 'Raptor abundance and distribution in the Northbank landscape of Brahmaputra River, Assam', in *Faunal Diversity of the Eastern Himalayan Biodiversity Hotspot, India: Covering Protected and Unprotected Areas*.

Maharani, N. P., Yuwono, S. B., Iswandaru, D., Harianto, S. P. (2024) 'Eksplorasi keanekaragaman burung sebagai daya tarik utama avitourism di ekowisata mangrove Cuku Nyinyi, Kabupaten Pesawaran', *MAKILA*, 18(2), pp. 112–124. Available at: https://doi.org/10.30598/makila.v18i2.15499.

Manchi, S. S., Kawalkar, D., Patel, S., Sawant, S. (2021) 'Occupancy and Population Abundance of Two Serpent-Eagles (Spilornis elgini and S. cheela) in the Andaman Islands, India', *Journal of Raptor Research*, 55(4), pp. 594–604.

McClure, C. J., Westrip, J. R., Johnson, J. A., Schulwitz, S. E., Virani, M. Z., Davies, R., Symes, A., Wheatley, H., Thorstrom, R., Amar, A., Buij, R., Jones, V. R., Williams, N. P., Buechley, E. R., Butchart, S. H. M. (2018) 'State of the world's raptors: Distributions, threats, and conservation recommendations', *Biological Conservation*, 227, pp. 390–402. Available at: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.08.012.

Nainggolan, F. A., Dewi, B. S., Darmawan, A. (2019) 'Status konservasi burung: Studi kasus di Hutan Desa Cugung Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Model Rajabasa Kecamatan Rajabasa Kabupaten Lampung Selatan', *Jurnal Sylva Lestari*, 7(1), pp. 52–61. Available at: https://doi.org/10.23960/jsl1752-61.

Phillips, S. J., Anderson, R. P., Schapire, R. E. (2006) 'Maximum entropy modeling of species geographic distributions', *Ecological Modelling*, 190(3–4), pp. 231–259. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026.

Phillips, S. J., Dudík, M. (2008) 'Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation', *Ecography*, 31(2), pp. 161–175.

Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., Blair, M. E. (2017) 'Opening the black box: An open-source release of Maxent', *Ecography*, 40(7), pp. 887–893. Available at: https://doi.org/10.1111/ecog.03049.

Putri, G. X., Suripto, B. A., Purwanto, A. A. (2021) 'Keanekaragaman dan Kemelimpahan Burung Pemangsa (Raptor) Migran di Kawasan Bukit 76 Kaliurang, Yogyakarta', *Biotropic: The Journal of Tropical Biology*, 5(1), pp. 1–8.

Sharma, H. P., Dhakal, S., Bhusal, K. P., Dhakal, H., Gautam, R., Joshi, A. B., Rana, D. B., Ghimire, M., Ghimire, S., Belant, J. L. (2023) 'Factors Influencing the Potential Distribution of Globally Endangered Egyptian Vulture Nesting Habitat in Nepal', *Animals*, 13(4), 633. Available at: https://doi.org/10.3390/ani13040633.

Sulistiyowati, E., Setiadi, Haryono, E. (2023) 'The dynamics of sustainable livelihoods and agroforestry in Gunungkidul Karst Area, Yogyakarta, Indonesia', *Forest and Society*, 7(2), pp. 572–593. Available at: https://doi.org/10.24259/fs.v7i2.21886.

Supratman, L., Istiana, R., Dhania, R., Zufitrianto, H. (2023) 'Behavioral study of Crested Serpent-eagle (Spilornis cheela) as conservation education in Pusat Suaka Satwa Elang Jawa', *Journal of Tropical Ethnobiology*, 6(1), pp. 45–58. Available at: https://doi.org/10.46359/jte.v6i1.163.

Sutomo, S., Humaida, N., Wahab, L., Saputra, M. E., Kurniawati, F. D., Atmaja, M. I., Pujiono, E., Sukmawati, J., Hani, A., Iryadi, R., Herningtyas, W. H., Wahyuningtyas, R. S. (2025) 'Species

distribution model and conservation of Mentaok (Wrightia javanica) in Indonesia', *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 31(1), pp. 1–14. Available at: https://doi.org/10.7226/jtfm.31.1.1.

Swets, J. A. (1988) 'Measuring the accuracy of diagnostic systems', *Science*, 240(4857), pp. 1285–1293.

Syartinilia, Condro, A. A., Tsuyuki, S. (2024) 'Projected impacts of climate change and anthropogenic effects on habitat distribution of endangered Javan Hawk-Eagle in Indonesia', *Geography and Sustainability*, 5(2), pp. 241–250. Available at: https://doi.org/10.1016/j.geosus.2024.01.009.

Taufiqurrahman, I., Yuda, I. P., Untung, M., Atmaja, E. D., Budi, N. S. (2020) 'Birds and coffee: Community-led conservation in Jatimulyo village, Yogyakarta, Java, Indonesia', *Kukila*, 21, pp. 12–24.

Wijekoon, W. M. H. K., Ganehiarachchi, G. A. S. M., Wegiriya, H. C. E., Vidanage, S. P. (2024) 'Seasonal forecasting of Bactrocera dorsalis Hendel, 1912 (Diptera: Tephritidae) in bioclimatic zones of Sri Lanka using the SARIMA model', *CABI Agriculture and Bioscience*, 5(1), 29. Available at: https://doi.org/10.1186/s43170-024-00241-2.

Yuan, X., Ran, W., Xu, W., Zhao, Y., Su, D., Song, Y. (2025) 'Potential distribution of Tribe Erythroneurini in China based on the R-optimized MaxEnt model, with implications for management', *Insects*, 16(5), 450. Available at: https://doi.org/10.3390/insects16050450.

Zeng, Y., Zhou, Z., Meng, H., Deng, Z., Peng, W., Yang, D. (2026) 'Assessing Habitat Suitability and Climate-Change Responses of Raptors in Hunan Province, China, Using Ensemble Species Distribution Models', *Animals*, 16.