

**PEMODELAN SPASIAL KESESUAIAN HABITAT RAPTOR DIURNAL DI
KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN BATUTEGI**

(Skripsi)

Oleh

**DAFA ZULFA DWI RENDRA
2214151039**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PEMODELAN SPASIAL KESESUAIAN HABITAT RAPTOR DIURNAL DI KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN BATUTEGI

Oleh

DAFA ZULFA DWI RENDRA

Raptor diurnal merupakan kelompok burung pemangsa yang berperan sebagai predator puncak dan bioindikator. Keberadaan raptor di Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batutegi menghadapi tekanan degradasi habitat, dan deforestasi. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi keanekaragaman jenis raptor, menganalisis distribusi spasial, serta memodelkan kesesuaian habitat raptor di KPH Batutegi. Pengumpulan data melalui observasi lapangan yang dikombinasikan dengan data SMART Patrol. Pemodelan kesesuaian habitat menggunakan metode Maximum Entropy (MaxEnt) dengan variabel lingkungan elevasi, suhu, kelembapan, curah hujan, kecepatan angin, indeks vegetasi, tutupan lahan, jarak terhadap sungai, jalan, dan pemukiman. Hasil penelitian menunjukkan 16 jenis raptor dari famili Falconidae, Pandionidae, dan Accipitridae dengan total 99 individu. Indeks keanekaragaman tertinggi di Way Rilau ($H'=1,77$) dan terendah di Waduk Batutegi ($H'=1,30$). Indeks kekayaan jenis tertinggi di Way Rilau ($R=2,22$) dan terendah di Waduk ($R=1,78$), indeks kemerataan tertinggi di Way Rilau ($E=0,91$) dan terendah di Waduk ($E=0,67$). Indeks kesamaan jenis Sørensen menunjukkan kesamaan tertinggi pada Rindingan dan Agroforestri (0,71) dan terendah pada Waduk dan Agroforestri (0,13). Distribusi spasial raptor menunjukkan pola sebaran yang berbeda sesuai preferensi habitat masing-masing spesies. Elang gunung (*Nisaetus alboniger*) lebih banyak ditemukan pada kawasan hutan pegunungan, sedangkan elang tiram (*Pandion haliaetus*) terkonsentrasi di kawasan perairan. Model MaxEnt memiliki tingkat akurasi sangat tinggi dengan nilai AUC 0,992 dan 0,995. Habitat sesuai elang gunung seluas 267,04 ha (15,16%), sedangkan elang tiram 457,48 ha (60,68%). Faktor yang berpengaruh terhadap kesesuaian habitat elang gunung adalah kecepatan angin (33,8%), elevasi (29,4%), dan suhu (11,7%), sedangkan elang tiram dipengaruhi oleh tutupan lahan (50,2%), curah hujan (15,8%), dan jarak terhadap pemukiman (13%).

Kata Kunci: Raptor, KPH Batutegi, Maxent, Habitat, Keanekaragaman Jenis, Kekayaan Jenis, Kemerataan Jenis, Kesamaan Jenis

ABSTRACT

SPATIAL MODELING OF HABITAT SUITABILITY FOR DIURNAL RAPTORS IN THE BATUTEGI FOREST MANAGEMENT UNIT

By

DAFA ZULFA DWI RENDRA

*Diurnal raptors are a group of birds of prey that serve as apex predators and bioindicators. The presence of raptors in Batutegi Forest Management Unit (KPH) is under pressure from habitat degradation and deforestation. This study aims to identify raptor species diversity, analyze spatial distribution, and model raptor habitat suitability in the Batutegi KPH. Data were collected through field observations combined with SMART Patrol data. Habitat suitability modeling employed the Maximum Entropy (MaxEnt) method, incorporating environmental variables such as elevation, temperature, humidity, rainfall, wind speed, vegetation indices, land cover, and distance to rivers, roads, and settlements. The results of the study identified 16 raptor species from the families Falconidae, Pandionidae, and Accipitridae, totaling 99 individuals. The highest diversity index was recorded at Way Rilau ($H' = 1.77$) and the lowest at Reservoir ($H' = 1.30$). The highest species richness index was recorded at Way Rilau ($R = 2.22$) and the lowest at the Reservoir ($R = 1.78$); the highest evenness index was at Way Rilau ($E = 0.91$) and the lowest at the Reservoir ($E = 0.67$). The Sørensen species similarity index showed the highest similarity in Rindingan and Agroforestry (0.71) and the lowest in the Reservoir and Agroforestry (0.13). The spatial distribution of raptors showed distinct patterns corresponding to the habitat preferences of each species. Elang gunung (*Nisaetus alboniger*) is more commonly found in mountain forest areas, while elang tiram (*Pandion haliaetus*) is concentrated in aquatic areas. The MaxEnt model demonstrated very high accuracy, with AUC values of 0.992 and 0.995. Suitable habitat for elang gunung covered 267.04 ha (15.16%), while that for elang tiram covered 457.48 ha (60.68%). Factors influencing habitat suitability for elang gunung are wind speed (33.8%), elevation (29.4%), and temperature (11.7%), while elang tiram is influenced by land cover (50.2%), rainfall (15.8%), and distance from settlements (13%).*

Keywords: *Raptors, Batutegi KPH, Maxent, Habitat, Species Diversity, Species Richness, Species Evenness*

**PEMODELAN SPASIAL KESESUAIAN HABITAT RAPTOR DIURNAL DI
KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN BATUTEGI**

Oleh

DAFA ZULFA DWI RENDRA

SKRIPSI

**Sebagai Salah satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA KEHUTANAN**

Pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : **PEMODELAN SPASIAL KESESUAIAN HABITAT
RAPTOR DIURNAL DI KESATUAN
PENGELOLAAN HUTAN BATUTEGI**

Nama : **Dafa Zulfa Dwi Rendra**

NPM : **2214151039**

Jurusan : **Kehutanan**

Fakultas : **Pertanian**

Tanggal Pengajuan : **10 Juni 2026**

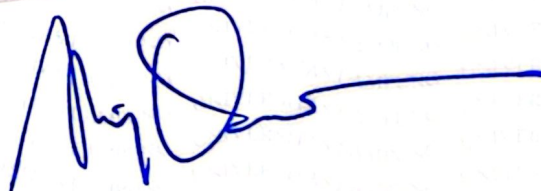
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dian Iswandaru, S.Hut., M.Sc.

NIP 198607052015041002



Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc.

NIP 197901072008011009

2. Ketua Jurusan Kehutanan



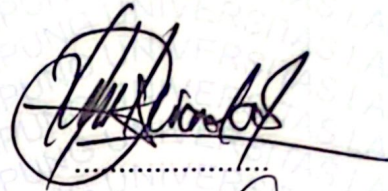
Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P. IPM.

NIP 197310121999032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

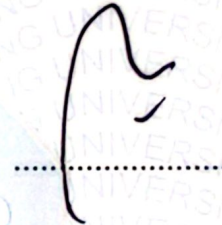
Ketua : **Dian Iswandaru, S.Hut., M.Sc.**



Sekretaris : **Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc.**



Anggota : **Robithotul Huda, S.Si., M.Ling**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanto Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi: **10 Juni 2026**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dafa Zulfa Dwi Rendra
NPM : 2214151039
Jurusan : Kehutanan
Alamat Rumah : RT 14 RW 3, Desa Karang Anyar, Kec. Gedong
Tataan, Kab. Pesawaran

Menyatakan dengan sebenar benarnya dan sungguh -sungguh, bahwa skripsi saya yang berjudul

**“PEMODELAN SPASIAL KESESUAIAN HABITAT RAPTOR DIURNAL
DI KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN BATUTEGI”**

Adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan apabila sebagian atau seluruh data pada skripsi ini digunakan oleh dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi. Jika di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung,
Yang membuat pernyataan



The image shows a handwritten signature in black ink over a yellow revenue stamp. The stamp is a 10,000 Rupiah 'Meterai Tempel' (adhesive stamp) with a red circular postmark. The text on the stamp includes '10000', 'METERAI TEMPEL', and a serial number '9AE94AOX021223995'. The signature is a stylized, cursive script.

Dafa Zulfa Dwi Rendra
NPM 2214151039

RIWAYAT HIDUP



Dafa Zulfa Dwi Rendra (Penulis), kerap disapa Dafa lahir di Bogor, 08 Maret 2004, sebagai anak kedua dari pasangan suami istri Bapak Eka Jaya Saputra dan Ibu Agus Handayani. Penulis telah menyelesaikan masa studi Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Karang Anyar pada tahun 2016, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Gading Rejo pada tahun 2019, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1

Gading Rejo pada tahun 2022. Penulis melanjutkan masa studi di Perguruan Tinggi Negeri Universitas Lampung sebagai mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian.

Pengalaman selama berada di Universitas Lampung yakni pernah mengikuti kegiatan Magang di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) bersama Non Government Organization (NGO) Wildlife Conservation Society (WCS) pada bulan Januari-Februari 2024. Penulis juga tergabung dalam tim Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Riset di Desa Cilimus, Kabupaten Pesawaran yang berfokus terhadap riset mengenai potensi ekowisata di bulan April Juni, 2024. Pada bulan Januari-Februari 2025, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kalirejo, Kec. Kalirejo, Kab. Lampung Tengah. Selain itu, penulis juga pernah menjadi Asisten Praktikum mata kuliah Pengantar Konservasi Sumberdaya Hutan semester genap 2024 & 2025, Inventarisasi Flora dan Fauna semester ganjil di tahun 2024 & 2025, serta mata kuliah Pemetaan dan Geomatika Kehutanan semester Ganjil 2025. Penulis juga mengikuti kegiatan Praktik Umum (PU) di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Getas dan Wanagama, Jawa Tengah pada bulan Juli-Agustus 2025 selama 20 hari.

Penulis juga ikut menjadi relawan dalam kegiatan sensus burung air Asian Waterbird Census pada tahun 2025 & 2026 di Kabupaten Lampung Timur.

Penulis juga memiliki pengalaman kerja sebagai freelancer dalam bidang enumerator riset mengenai biodiversitas flora dan fauna di PT. Great Giant Foods pada bulan Juli 2025, PT Pertamina Geothermal Energy Tbk di bulan Desember 2025, PT. Nestle Indonesia di bulan Januari 2026, PT. Natarang Mining pada bulan Juni 2026 dan menjadi Surveyor Biologi Darat di PT Nusa Buana Cipta pada bulan September 2025. Penulis melaksanakan penelitian tugas akhir di KPH Batuteги bersama Yayasan Inisiasi Alam Rehabilitasi Indonesia (YIARI) selama 3 bulan (November 2025 – Februari 2026).

MOTTO

“Teruslah berpikir maka niscaya kau hidup”

-Corgito ergo sum

“Memanusiakan Manusia”

-Orang yang berakal

***Kebesaran sang mahakuasa Allah SWT , dengan ini Karya Tulis ku selesaikan
dengan sepenuh hati untuk kedua orang tua ku tersayang Ibu Agus Handayani
dan Bapak Eka Jaya Saputra***

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas segala nikmat dan karunia-Nya serta sholawat dan salam tak lupa pula penulis curahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul “Pemodelan Spasial Kesesuaian Habitat Raptor Diurnal di Kesatuan Pengelolaan Hutan Batutegei”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan menempuh gelar Sarjana Kehutanan di Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Dengan segala keterbatasan, disadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini bukan semata mata ditulis berdasarkan kemampuan pribadi, melainkan karena mendapat bantuan dari berbagai pihak sehingga penyusunan skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini, dengan segala ketulusan hati dan kerendahan hati, terucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Ibu Dr. Hj. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P. IPM. selaku Ketua Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Bapak Dian Iswandaru, S.Hut., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik serta dosen pembimbing satu yang telah memberikan arahan, motivasi, dan doa kepada penulis selama menempuh perkuliahan sampai menyusun skripsi.
4. Bapak Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc. selaku pembimbing kedua saya yang telah memberikan bimbingan dan arahan, motivasi serta perhatian, nasihat, dan doa dalam pembuatan skripsi.
5. Bapak Robithotul Huda, S.Si., M.Ling. selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan bimbingan dan arahan, motivasi, nasihat, dan doa dalam pembuatan skripsi.

6. Segenap dosen Jurusan Kehutanan yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menuntut ilmu di Jurusan Kehutanan, Universitas Lampung.
7. Segenap pihak Yayasan Inisiasi Alam Rehabilitasi Indonesia (YIARI), terkhususnya Mas Aris Subagio, Bang Irfan Fauzi, Kang Ahlan, Mbak Poppy, serta rekan-rekan lainnya yang tak bisa saya sebutkan satu persatu atas pendampingan, kesempatan, nasihat, serta bantuan selama penelitian.
8. Kepada kedua orang tua saya Ibu Agus Handayani dan Bapak Eka Jaya Saputra atas usaha, kasih sayang serta do'a yang tidak pernah putus untuk putramu, tuhan kasih surga yang terbaik untuk saya dengan adanya kalian.
9. Teman Seperbimbingan saya satu-satunya Farras Naufal Damai sebagai rekan dengan interest meneliti, pengambilan data, serta pekerjaan yang hampir sama
10. Rekan rekan GIS Hafizan, Adit, Riki, Laura, Beteshda, dan Esih.
11. Teman Magang saya Wana, Layas, dan Rara.
12. Segenap angkatan 2022 kehutanan REXTERION.
13. Segenap angkatan kehutanan 2023 & 2024 yang telah memberikan saya kesempatan membagi ilmu sebagai asisten praktikum.
14. Serta seluruh pihak yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu yang telah membantu selama perkuliahan dan penyelesain skripsi.

Bandar Lampung, 10 Juni 2026

Dafa Zulfa Dwi Rendra

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Manfaat	4
1.5. Kerangka Pemikiran.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Burung.....	6
2.2. Raptor.....	7
2.2.1. Klasifikasi.....	7
2.2.2. Ciri Morfologis.....	9
2.2.3. Ekologi Raptor	10
2.2.4. Habitat	11
2.2.5. Ancaman.....	12
2.2.6. Raptor di indonesia.....	13
2.3. Kesesuaian Habitat.....	14
2.4. Faktor Lingkungan.....	15
2.4.1. Ketinggian	15
2.4.2. Suhu.....	16
2.4.3. Indeks Vegetasi.....	16

2.4.3.1. NDVI (<i>Normalized Different Vegetation Index</i>)	17
2.4.3.2. EVI (<i>Enhanced Vegetation Index</i>)	18
2.4.3.3. SAVI (<i>Soil Adjusted Vegetation Index</i>)	18
2.4.3.4. ARVI (<i>Atmospherically Resistant Vegetation Index</i>).....	19
2.4.4. Kelerengan	20
2.4.5. Tutupan Lahan.....	21
2.4.6. Kelembaban.....	22
2.4.7. Curah Hujan	24
2.4.8. Jarak dari Pemukiman	25
2.4.9. Jarak dari Sungai	26
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1. Waktu dan Tempat.....	28
3.2. Alat dan Bahan	28
3.3. Jenis Data	29
3.4. Teknik Pengambilan Data	30
3.4.1. Keberadaan Raptor	30
3.4.2. Variabel Lingkungan	31
3.5. Analisis Data	34
3.5.1. Indeks Keanekaragaman, Kekayaan, Kemerataan, dan Kesamaan Jenis Raptor	34
3.5.2. Analisis distribusi spasial Raptor	36
3.5.3. Analisis kesesuaian habitat Raptor	36
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Komposisi Jenis, Keanekaragaman Jenis, Kekayaan Jenis, Kemerataan Jenis, dan Kesamaan Jenis Raptor di KPH Batutegi.....	38
4.2. Distribusi Spasial Raptor di KPH Batutegi.....	45
4.3. Kesesuaian Habitat Raptor di KPH Batutegi	52
4.3.1. Analisis Kelimpahan Jenis	52
4.3.2. Hasil Kesesuaian Habitat Model Maxent.....	54
4.3.3. Uji Akurasi AUC-ROC.....	59
4.3.4. Pengaruh Variabel Lingkungan terhadap Raptor.....	60
4.3.4.1. Elang Tiram (<i>Pandion haliaetus</i>).....	60
4.3.4.2. Elang Gunung (<i>Nisaetus alboniger</i>)	63

V. SIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Nilai yang menggambarkan kategori	35
Tabel 2. Nilai yang mewakilkan kategori kesesuaian habitat (Manel et al., 1999; Stockwell and Peterson, 2002; Putra et al., 2023)	37
Tabel 3. Komposisi jenis dan status konservasi raptor di KPH Batutegi.....	39
Tabel 4. Indeks kesamaan jenis sorensen raptor di KPH Batutegi.....	43
Tabel 5. Kelimpahan jenis raptor di KPH Batutegi.....	53
Tabel 6. Luas kesesuaian habitat elang gunung berdasarkan luas blok inti gunung rindingan dan Elang Tiram berdasarkan waduk di KPH Batutegi	56
Tabel 7. Persentase kontribusi variabel lingkungan terhadap elang tiram	61
Tabel 8. Persentase kontribusi variabel lingkungan terhadap elang gunung	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Kerangka Penelitian	5
Gambar 2. Morfologi Raptor topside and underside (HawkWatch International, 2023)	9
Gambar 3. Peta lokasi penelitian di KPH Batutegi	29
Gambar 4. Indeks biodiversitas raptor di KPH Batutegi.....	41
Gambar 5. Peta distribusi raptor hasil observasi langsung dan data smart patrol.	46
Gambar 6. Peta distribusi spasial (heatmap) Raptor di KPH Batutegi	47
Gambar 7. Distribusi jenis raptor A: Sikep Madu Asia, B: Alap Alap Capung, C: Elang Brontok, D: Elang Gunung	48
Gambar 8. Distribusi jenis raptor A: Elang Tiram, B: Elang Laut Perut Putih, C: Elang Ikan Kepala Kelabu, D: Elang Ikan Kecil	49
Gambar 9. Distribusi jenis raptor A: Elang Hitam, B: Elang Tikus, C: Elang Ular Bido, D: Alap Alap Kawah.....	49
Gambar 10. Distribusi jenis raptor A: Elang Alap Jambul, B: Elang Alap Nipon, C: Elang Perut Karat, D: Elang Bondol	50
Gambar 11. Model kesesuaian habitat raptor	58
Gambar 12. Uji Akurasi AUC-ROC model maxent.....	59
Gambar 13. Kurva respon variabel lingkungan terhadap elang tiram (<i>Pandion haliaetus</i>), A. Tutupan Lahan, B. Curah Hujan, C. Jarak dengan Pemukiman, dan D. Elevasi	62
Gambar 14. Kurva respon variabel lingkungan terhadap elang gunung (<i>Nisaetus alboniger</i>), A. Kecepatan angin, B. Elevasi, C. Suhu, D. Kelembaban, dan E. Jarak dengan jalan	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Elang Gunung (<i>Nisaetus alboniger</i>).....	96
Lampiran 2. Elang Brontok (<i>Nisaetus cirrhatus</i>).....	96
Lampiran 3. Elang Hitam (<i>Ictinaetus malaiensis</i>).....	96
Lampiran 4. Elang Ular Bido (<i>Spilornis cheela</i>)	96
Lampiran 5. Sikep Madu Asia (<i>Pernis ptilorhynchus</i>).....	96
Lampiran 6. Elang Tiram (<i>Pandion haliaetus</i>)	96
Lampiran 7. Elang Laut Perut Putih (<i>Haliaeetus leucogaster</i>).....	97
Lampiran 8. Elang Ikan Kepala Kelabu (<i>Haliaeetus ichthyaeus</i>).....	97
Lampiran 9. Elang Alap Nipon (<i>Tachyspiza gularis</i>).....	97
Lampiran 10. Gambar 24. Elang Tikus (<i>Elanus caeruleus</i>).....	97
Lampiran 11. Hutan Gunung Rindingan	98
Lampiran 12. Deforestasi di gunung rindingan.....	98
Lampiran 13. Stasiun Riset Way Rilau	98
Lampiran 14. Waduk Batutegi	98
Lampiran 15. Dokumentasi pengamatan.....	99
Lampiran 16. Dokumentasi pencatatan.....	99
Lampiran 17. Dokumentasi pengamatan di hutan.....	99
Lampiran 18. Dokumentasi pengamatan di perahu.....	99
Lampiran 19. Dokumentasi pengamatan di pulau sekitar waduk	100
Lampiran 20. Peta distribusi raptor hasil observasi langsung dan data smart patrol (Versi besar)	101
Lampiran 21. Peta distribusi spasial (heatmap) Raptor di KPH Batutegi (Versi besar)	102
Lampiran 22. Distribusi jenis raptor A: Sikep Madu Asia, B: Alap Alap Capung, C: Elang Brontok, D: Elang Gunung (Versi besar)	103
Lampiran 23. Distribusi jenis raptor A: Elang Tiram, B: Elang Laut Perut Putih, C: Elang Ikan Kepala Kelabu, D: Elang Ikan Kecil (Versi besar)	104
Lampiran 24. Distribusi jenis raptor A: Elang Hitam, B: Elang Tikus, C: Elang Ular Bido, D: Alap Alap Kawah	105
Lampiran 25. Distribusi jenis raptor A: Elang Alap Jambul, B: Elang Alap Nipon, C: Elang Perut Karat, D: Elang Bondol	106
Lampiran 26. Hasil model kesesuaian habitat raptor Peta klasifikasi (Versi besar)	107

Lampiran 27. Hasil model kesesuaian habitat raptor Peta Gradasi (Versi besar)	108
Lampiran 28. Peta lokasi penelitian di KPH Batutegi (Versi besar)	109
Lampiran 29. Peta areal pengamatan raptor di KPH Batutegi	110

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kelompok Raptor terdiri atas tiga ordo yaitu *Accipitriformes* (elang, burung bangkai, dan kite), *Falconiformes* (falkon dan caracara), dan *Strigiformes* (burung hantu) (Cho *et al.*, 2019; Ekajaya *et al.*, 2023). Raptor atau burung pemangsa memiliki karakteristik khusus seperti paruh melengkung yang kuat (Van Heteregen *et al.*, 2021), cakar tajam (Wang and Zhang, 2020; Liang *et al.*, 2020), serta penglihatan yang sangat tajam (Potier *et al.*, 2020). Raptor memiliki andil dalam mengendalikan *prey* seperti pengerat dan burung kecil, sehingga keberadaannya sangat penting dalam menjaga ekosistem (Wailis and Coles, 2024). Selain itu, Raptor juga dikenal sebagai bioindikator lingkungan yang sangat efektif karena kepekaan mereka terhadap perubahan habitat, ketersediaan makanan, serta pencemaran lingkungan (Nägeli *et al.*, 2022; Martínez-Ruiz *et al.*, 2023; Naves-Alegre *et al.*, 2025).

Habitat Raptor memiliki beberapa kriteria khusus, karena behubungan dengan satwa mangsa dan kondisi dari setiap jenis Raptor yang berbeda (Real *et al.*, 2025). Raptor memiliki peran ekologis sebagai predator untuk mengendalikan satwa mangsanya seperti mamalia kecil, burung, ular, dan ikan (Ashari *et al.*, 2024). Habitat yang sesuai bagi Raptor akan mendukung pengendalian satwa mangsanya sehingga tidak terjadi *over population* (Leveau *et al.*, 2022). Indonesia memiliki 81 Jenis raptor yang tersebar di setiap pulau di indonesia, terkhusus di sumatera terdapat 34 Spesies (Zulkifli *et al.*, 2012). Namun, dengan kondisi indonesia saat ini dengan laju deforestasi yang tinggi (Wahyuni and Suranto, 2021; Santoso *et al.*, 2022), dan aktivitas manusia yang menyebabkan degradasi habitat membuat Raptor semakin tertekan keberadaannya (Putri *et al.*, 2021; Pertiwi *et al.*, 2021).

Kesesuaian habitat Raptor memiliki permasalahan sehingga perubahan pola perilaku seperti distribusi populasi yang saat ini cenderung hanya pada beberapa hutan primer dan sekunder saja di Indonesia (Nayasilana, 2020; Gagarin *et al.*, 2021; Putra *et al.*, 2023). Penelitian Martinez-Ruiz (2021) menegaskan bahwa raptor lebih memilih hutan primer, namun terkadang menggunakan hutan sekunder juga. Menurut Sya'bani *et al* (2020) menyatakan bahwa raptor lebih bergantung pada hutan sekunder alami untuk berburu, bertengger, dan berkembang biak. Hasil pengamatan Huda *et al* (2022), Raptor yang ditemukan di KPH Batutege 17 jenis. Namun disisi lain, KPH Batutege mengalami berbagai permasalahan serius terkait degradasi dan deforestasi (Prabowo *et al.*, 2019). Berdasarkan penelitian Wulandari *et al* (2021) menyatakan terdapat 76% lahan pertanian, dan 95% tanaman pangan pada areal agroforestri.

Penelitian kesesuaian habitat Raptor umumnya berfokus pada satu spesies saja, seperti Elang Jawa (Aryanti *et al.*, 2021), sementara itu studi yang mencakup Raptor secara menyeluruh masih sangat jarang dilakukan. Kesesuaian habitat berkaitan erat dengan distribusi populasi (De Kort *et al.*, 2020), di mana dominasi populasi pada suatu lokasi mengindikasikan habitat yang sesuai (Lima *et al.*, 2022), dan distribusi raptor yang komprehensif dapat memperlihatkan pola kecenderungan aktivitas di berbagai lanskap (Butet *et al.*, 2022; Kumar *et al.*, 2022). Data terkini mengenai distribusi populasi dan kesesuaian habitat Raptor di Batutege masih sangat terbatas, padahal kondisi lingkungan kawasan ini mengalami penurunan kualitas akibat perubahan iklim dan aktivitas manusia (Wulandari, 2021), fragmentasi lahan hutan (Malik *et al.*, 2021), serta perluasan lahan pertanian yang menyebabkan kehilangan habitat dan degradasi lahan (Huda *et al.*, 2024).

Habitat Raptor di KPH Batutege memiliki masalah yang berhubungan dengan penurunan kualitas habitat bagi Raptor, seperti degradasi lahan, deforestasi, dan penurunan kondisi lingkungan akibat *climate change*. Kesesuaian habitat Raptor dapat diidentifikasi melalui keberadaan dan distribusi, yang kemudian dikaitkan dengan berbagai faktor lingkungan. Pemodelan yang kemudian menjadi efektif dilakukan dalam penelitian ini yaitu pemodelan secara spasial, karena hasil yang digambarkan dalam bentuk visual dan numerik. Pemodelan spasial untuk

memprediksi kesesuaian habitat Raptor telah dikembangkan dengan pendekatan *Ecological Niche Modelling* (ENM) (Regos *et al.*, 2021). Pendekatan ENM yang saat ini cukup berkembang ialah menggunakan algoritma Maximum Entropy (Maxent) (Aryanti *et al.*, 2021; Mafuwe *et al.*, 2022).

Penelitian di KPH Batutegi seringkali membahas mengenai hubungan keberadaan burung dengan lahan tertentu, seperti penelitian yang dilakukan Saputri *et al.* (2022) membahas hubungan antara keanekaragaman burung dengan pohon di lahan agroforestri. Penelitian yang berkaitan dengan pengaruh lingkungan di KPH Batutegi ditunjukkan oleh penelitian Faizzikri (2023) yang mengungkapkan mengenai pola hunian spesies kucing kucingan berdasarkan kondisi lingkungan. Penelitian yang membahas mengenai kesesuaian habitat satwa di KPH Batutegi telah dilakukan oleh Malik *et al.* (2024), namun kesesuaian habitat satwa yang dipilih yaitu macan dahan. Namun, terdapat studi kesesuaian habitat burung di KPH Batutegi oleh Azriel (2024) yakni berkaitan dengan burung rangkong badak. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di KPH Batutegi belum mengungkap mengenai Raptor dan kesesuaian habitat Raptor di KPH Batutegi. Penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan karena di KPH batutegi belum adanya keterbaharuan data mengenai Raptor dan kesesuaian habitat Raptor. Keterbaharuan data ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam upaya pelestarian satwa, serta rujukan dalam rencana strategi konservasi Raptor di KPH Batutegi.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang timbul dari penelitian ini dijabarkan dalam pertanyaan sebagai berikut:

1. Apa saja jenis raptor yang ada di KPH Batutegi dan bagaimana keanekaragaman nya?
2. Bagaimana distribusi spasial Raptor di KPH Batutegi?
3. Bagaimana kesesuaian habitat Raptor, dan variabel apakah yang mempengaruhi kesesuaian habitat Raptor di KPH Batutegi?

1.3. Tujuan

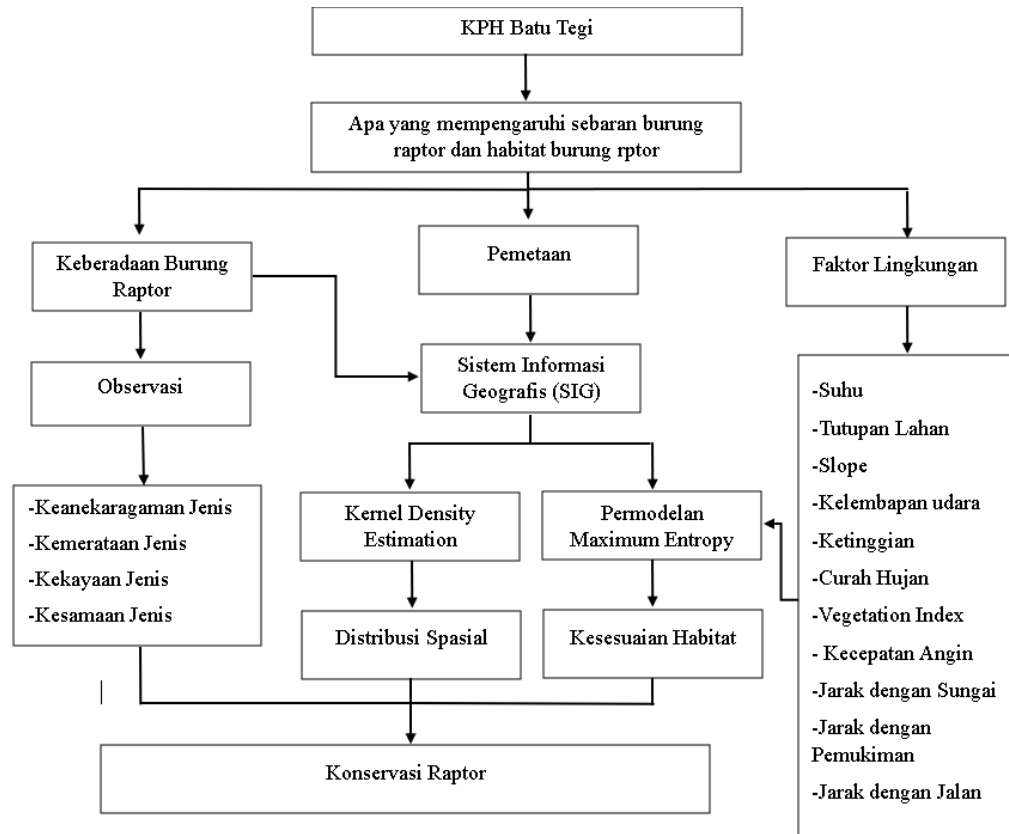
Tujuan dari dilaksanakan nya penelitian ini adalah

1. Mengidentifikasi serta menganalisis keanekaragaman, kekayaan, pemerataan, dan kesamaan jenis raptor di KPH Batutegi
2. Memetakan dan menganalisis distribusi spasial Raptor di KPH Batutegi
3. Menganalisis kesesuaian habitat Raptor berdasarkan faktor lingkungan di KPH Batutegi

1.4. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan keterbaharuan data mengenai jenis jenis Raptor yang ada di KPH Batu Tegi dan dapat memberikan informasi mengenai distribusi spasial serta tingkat kesesuaian habitat Raptor sehingga dapat dilakukan evaluasi lebih lanjut untuk mencegah rusaknya habitat bagi Raptor di KPH Batu Tegi.

1.5. Kerangka Pemikiran



Gambar 1. Kerangka Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Burung

Burung adalah salah satu kelompok hewan vertebrata yang memiliki ciri khas yaitu memiliki sayap dan bulu yang menutupi seluruh tubuhnya (Alberto *and* Hermanto, 2023; Saputra, 2024). Burung termasuk dalam kelas Aves dan merupakan satu-satunya kelompok hewan yang mampu terbang dengan kemampuan yang sangat baik (Campbell *et al.*, 2010; Putra, 2023). Burung merupakan satwa dengan kemampuan mobilitas tinggi yang dapat dijumpai di kawasan hutan, pedesaan, perkotaan, tepi pantai, rawa, bahkan dalam goa (Reifani *et al.*, 2019; Cahyani *et al.*, 2022). Dengan lebih dari 10.000 spesies yang tersebar di berbagai belahan dunia, burung menunjukkan keragaman luar biasa dalam bentuk tubuh, ukuran, dan warna bulunya (Suripto *et al.*, 2022). Selain kemampuan terbang, ada juga burung yang dapat berenang atau menggali tanah. Burung memainkan peran yang penting dalam ekosistem, dengan sebagian besar dari mereka berfungsi sebagai pemangsa serangga, biji, atau hewan kecil lainnya, serta menjadi sumber makanan bagi predator yang lebih besar (Adisti *and* Zulfikhar, 2021).

Selain itu, burung memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan alam melalui polinasi dan penyebaran biji (Saibi *et al.*, 2019). Sebagai polinator, burung membantu proses penyerbukan berbagai tanaman berbunga, yang sangat penting untuk kelangsungan hidup tanaman tersebut (Trianto *et al.*, 2020). Banyak juga burung yang membantu menyebarkan biji dengan cara memakannya dan melepaskannya di tempat lain, sehingga tanaman bisa tumbuh di daerah yang lebih luas (Escribano- Avila *et al.*, 2018; Timóteo *et al.*, 2018; Naniwadekar *et al.*, 2019; Ong *et al.*, 2022). Peran ini sangat penting dalam mempertahankan

keanekaragaman hayati dan kelestarian alam, terutama di ekosistem yang rentan terhadap kerusakan habitat. Burung tidak hanya menjadi indikator kesehatan lingkungan, tetapi juga memiliki dampak langsung pada kelangsungan hidup berbagai spesies tanaman dan hewan lainnya.

2.2. Raptor

Raptor merupakan sekelompok burung yang memiliki sifat memangsa hewan lain yang menjadi satwa mangsanya (Fargallo *et al.*, 2020). Raptor merupakan satwa soliter, namun terdapat pengecualian ketika sedang melakukan migrasi dan sedang dalam periode bersarang (Jones *and* Heidenreich, 2021). Raptor terbagi menjadi 2 golongan yaitu raptor diurnal dan nokturnal. Raptor diurnal merupakan golongan raptor yang aktif di siang hari seperti elang, alap-alap, dan sikep (Wachira, 2022). Raptor nokturnal yaitu golongan raptor yang aktif di malam hari seperti burung hantu. Raptor memiliki keunikan, antara lain yaitu pada kemampuan terbangnya yang sangat luar biasa, penglihatan yang tajam, dan juga cakar yang kuat untuk mencabik mangsanya (Vidaña *et al.*, 2020). Raptor sangat sering sekali terbang diketinggian yang cukup tinggi untuk berburu, dan pada saat itu indera yang dapat dimanfaatkan oleh Raptor yaitu hanya penglihatannya (Potier, 2020).

2.2.1. Klasifikasi

Raptor diurnal diklasifikasikan ke dalam 2 ordo yaitu accipitriformes dan falconiformes (Mindell *et al.*, 2018)

Kerajaan : Animalia
 Filum : Chordata
 Subfilum : Vertebrata
 Kelas : Aves
 Ordo : Accipitriformes

Ordo Accipitriformes terbagi kedalam 3 family yaitu

- a) Pandionidae merupakan famili burung dengan contoh morfologis yang serupa dengan osprey (Mackrill, 2024)

- b) Accipitridae merupakan famili burung dengan contoh morfologis yang serupa dengan kites, hawks, and eagles (Mather *et al.*, 2023)
- c) Sagittariidae merupakan famili dengan tipe monotopik yang hanya ada 1 spesies saja yaitu *Sagittarius serpentarius* (Harl *et al.*, 2022)

Kerajaan : Animalia
 Filum : Chordata
 Subfilum : Vertebrata
 Kelas : Aves
 Ordo : Falconiformes

Ordo Falconiformes terbagi kedalam 2 family yaitu

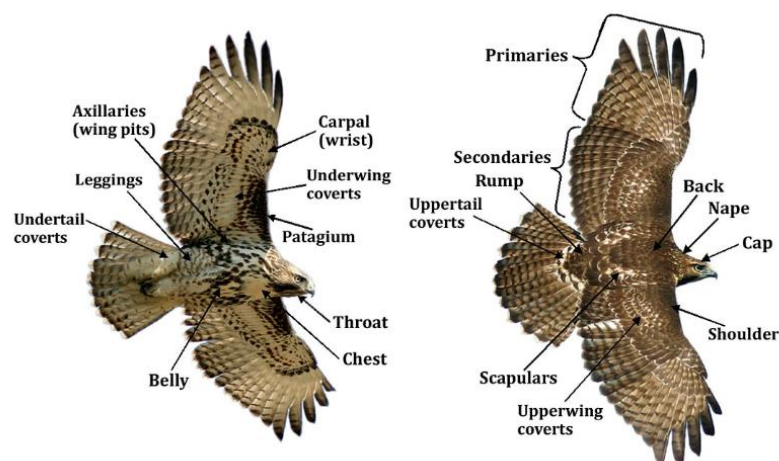
- a) Falconidae merupakan famili burung dengan contoh morfologis yang serupa dengan alap alap (Moore *et al.*, 2022)
- b) Herpetotheridae merupakan famili burung dengan contoh morfologis yang serupa dengan *laughing and forest falcons* (Mindell *et al.*, 2018)

Perbedaan klasifikasi antara ordo *Accipitriformes* dan *Falconiformes* kerap diperdebatkan, sebab meskipun keduanya menunjukkan kemiripan morfologi, terdapat perbedaan dalam cara mereka memangsa. Klasifikasi burung pemangsa yang digunakan saat ini membedakan kedua ordo tersebut berdasarkan perbedaan perilaku dalam menangkap serta membunuh mangsanya. Perbedaan tersebut tidak hanya terlihat pada sisi molekuler, tetapi juga tercermin dalam morfologi dan perilaku berburu. Pecsics *et al.* (2019) menemukan bahwa ordo falconiformes memiliki tengkorak lebih ramping dengan ciri khas berupa tomial tooth pada paruh, yakni lekukan menyerupai gigi yang berfungsi mematahkan tulang leher atau tengkorak mangsa. Sebaliknya, ordo Accipitriformes seperti memiliki tengkorak lebih besar dan kokoh dengan paruh melengkung tajam, namun tanpa tomial tooth, sehingga fungsinya lebih dominan untuk merobek daging setelah mangsa dilumpuhkan menggunakan cakar. Penelitian yang dilakukan oleh Ekajaya *et al.* (2023) mengungkapkan bahwa bahwa Accipitriformes dan Falconiformes tidak hanya berbeda berdasarkan perilaku makan saja, melainkan berdasarkan genetik dari kedua ordo.

2.2.2. Ciri Morfologis

Raptor memiliki morfologi tubuh yang disesuaikan untuk berburu dengan sangat efisien, seperti paruh tajam melengkung untuk merobek daging dan cakar kuat untuk mencengkeram mangsa (Çakar *et al.*, 2024). Tubuh ramping dengan otot dada yang kuat mendukung kemampuan terbang cepat dan jauh, serta sayap lebar memungkinkan manuver lincah di udara. Penglihatan mereka sangat tajam, bahkan mampu mendeteksi gerakan kecil dari ketinggian puluhan meter. Struktur bulu yang halus membantu mereka terbang nyaris tanpa suara, menjadikan serangan lebih mengejutkan bagi mangsanya (Jones *et al.*, 2024). Kombinasi ciri-ciri ini menjadikan raptor sebagai predator udara yang sangat efektif di berbagai habitat (Natsukawa, 2020).

Selain kemampuan terbang dan penglihatan tajam, Raptor juga memiliki struktur otot dan tulang yang kuat, khususnya pada bagian kaki dan dada. Kaki mereka dilengkapi dengan tendon fleksor yang memungkinkan cengkeraman tetap kuat bahkan saat sedang terbang membawa mangsa. Bentuk kepala dan leher yang fleksibel membantu mereka mencabik mangsa dengan efisien tanpa harus mengubah posisi tubuh secara drastis. Sebagian besar raptor juga memiliki bulu berwarna kamuflase yang membantu mereka menyatu dengan lingkungan, baik saat berburu maupun bersembunyi. Adaptasi morfologis ini menunjukkan evolusi yang sangat selektif dalam mendukung gaya hidup predator (Robinson *et al.*, 2024).



Gambar 2. Morfologi Raptor topside and underside (HawkWatch International, 2023)

Gambar 2 memperlihatkan morfologis seekor Raptor, yang ditampilkan dari dua sisi yaitu bagian bawah (ventral) di sebelah kiri dan bagian atas (dorsal) di sebelah kanan. Pada bagian bawah sayap, terlihat beberapa struktur penting seperti *axillaries* (ketiak sayap), *leggings*, dan *underwing coverts* yang membantu dalam aerodinamika dan perlindungan otot saat terbang. Terdapat juga *patagium*, yaitu membran elastis yang terletak di sepanjang sayap dan berfungsi dalam mengatur permukaan sayap saat terbang, serta bagian tubuh lainnya seperti *throat* (tenggorokan), *chest* (dada), dan *belly* (perut). Di sisi atas tubuh, ditunjukkan bagian seperti *primaries* dan *secondaries*, yaitu bulu-bulu primer dan sekunder pada sayap yang berperan dalam dorongan dan pengendalian arah saat burung terbang. Selain itu, tampak juga bagian *cap* (puncak kepala), *nape* (tengkuk), *shoulder* (bahu), dan *scapulars*, yang semuanya berperan dalam perlindungan tubuh serta menunjang gerakan kepala dan sayap.

2.2.3. Ekologi Raptor

Raptor memiliki peran ekologis yang sangat penting yaitu sebagai puncak predator, sehingga populasi hewan mangsanya yang berupa ikan, pengerat dan burung-burung kecil dapat terkendali dengan baik (Wachira, 2022). Keberadaan mereka tidak hanya menambah nilai estetika suatu lanskap, tetapi juga berperan penting dalam keseimbangan ekosistem (Fargallo *et al.*, 2020; Headland *et al.*, 2023). Dengan adanya Raptor disuatu wilayah dapat mengindikasikan suatu keadaan lingkungan, karena Raptor sensitif terhadap perubahan lingkungan atau habitat (Mariyappam *et al.*, 2023). Kondisi saat ini memungkinkan populasi Raptor semakin terancam, yang dapat dilihat dari maraknya perusakan habitat, perburuan liar, dan penggunaan pestisida yang berlebih sehingga mengganggu rantai makanan dan menekan populasi Raptor (Wachira, 2022).

Ekologi Raptor melibatkan interaksi kompleks antara predator dan mangsa, yang merupakan bagian dari keseimbangan ekologis di dalam habitatnya. Sebagai puncak predator, raptor memiliki peran penting dalam mengendalikan populasi spesies lain, seperti mamalia kecil, reptil, dan burung (Donázar *et al.*, 2016). Ketika predator ini terdistribusi secara luas dan sehat, mereka membantu menjaga kestabilan rantai makanan dengan memangsa hewan yang berpotensi menjadi hama. Makanan yang raptor konsumsi tidak hanya menentukan keberhasilan

reproduksi mereka, tetapi juga mempengaruhi komposisi komunitas hewan di sekitarnya (Tapia *and* Zuberogitia, 2018). Oleh karena itu, raptor berfungsi sebagai indikator kesehatan ekosistem, karena perubahan dalam populasi mereka sering kali mencerminkan perubahan yang lebih besar dalam struktur komunitas predator dan mangsa.

Salah satu aspek penting dalam ekologi raptor adalah adaptasi mereka terhadap berbagai kondisi lingkungan (Chiatante *and* Panuccio, 2020), yang memengaruhi perilaku berburu dan migrasi (Nagy *et al.*, 2017). Raptor memiliki kemampuan luar biasa untuk memanfaatkan berbagai sumber makanan, baik melalui perburuan di darat maupun di udara, tergantung pada spesiesnya. Beberapa raptor, seperti elang dan rajawali, memiliki pola migrasi panjang yang terkait erat dengan ketersediaan mangsa dan perubahan musim. Di sisi lain, Raptor yang tinggal secara permanen di suatu daerah cenderung menyesuaikan perilaku berburu mereka dengan kondisi lokal, seperti musim atau keberadaan predator lain (Oro *et al.*, 2021). Interaksi antara raptor dan lingkungan mereka yang berubah menjadi faktor penting dalam kelangsungan hidup dan keberhasilan reproduksi mereka (Herfindal *et al.*, 2015).

2.2.4. Habitat

Habitat Raptor sangat bergantung pada ketersediaan elemen-elemen penting seperti mangsa, tempat bertengger, dan ruang untuk berkembang biak (Donázar *et al.*, 2016). Secara umum, Raptor lebih suka habitat yang luas dan terbuka, seperti padang rumput, hutan, dan kawasan pesisir, yang memungkinkan mereka untuk berburu dengan efisien (Ferrer-Sánchez *et al.*, 2015). Kualitas habitat raptor dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, termasuk jenis vegetasi, kelerengan lahan, serta ketersediaan sumber air (Djorgova *et al.*, 2021). Raptor, seperti elang dan rajawali, mengandalkan tempat bertengger yang tinggi, seperti pohon besar atau tebing, untuk memantau wilayah berburu mereka. Selain itu, keberadaan mangsa yang melimpah, seperti mamalia kecil, burung, atau ikan, juga sangat menentukan kelangsungan hidup dan reproduksi raptor di suatu habitat.

Pentingnya keberagaman habitat bagi Raptor terletak pada kemampuan mereka untuk beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan. Beberapa spesies raptor, seperti burung hantu dan elang laut, lebih suka daerah dengan vegetasi

yang lebih padat, yang memberikan perlindungan tambahan dan ruang yang cukup untuk berburu. Sementara itu, raptor yang lebih besar, seperti elang harpia, lebih sering ditemukan di area hutan tropis yang lebih luas, dengan ketinggian yang mendukung kebutuhan berburu mereka. Kondisi ini menunjukkan bahwa tiap spesies raptor memiliki preferensi habitat yang spesifik, yang dipengaruhi oleh kemampuan mereka untuk berburu dan berkembang biak dengan cara yang optimal. Pemilihan habitat yang tepat memungkinkan Raptor untuk memaksimalkan peluang berburu dan menjaga keseimbangan dalam ekosistem mereka (Séchaud *et al.*, 2021).

Selain kualitas habitat alami, faktor lain yang mempengaruhi kelestarian habitat raptor adalah fragmentasi dan degradasi habitat (Demerdzhiev *et al.*, 2022). Aktivitas manusia, seperti pembukaan lahan untuk pertanian dan urbanisasi, seringkali mengakibatkan hilangnya habitat alami raptor. Fragmentasi lahan menyebabkan terisolasinya populasi raptor, membatasi akses mereka ke sumber daya alam yang diperlukan untuk bertahan hidup, seperti mangsa dan tempat berkembang biak. Degradasi habitat ini juga memperburuk kualitas lingkungan hidup raptor, yang dapat berdampak langsung pada populasi mereka. Upaya perlindungan habitat alami menjadi sangat penting dalam memastikan keberlanjutan ekosistem yang mendukung kelangsungan hidup raptor.

2.2.5. Ancaman

Ancaman utama terhadap Raptor berasal dari perusakan habitat yang terjadi akibat konversi lahan, penggundulan hutan, dan pembangunan infrastruktur. Pembangunan perkotaan dan perubahan lahan untuk pertanian mengurangi luas habitat alami bagi raptor, yang mengakibatkan hilangnya tempat berburu dan berkembang biak. Selain itu, perusakan hutan dapat mengganggu jaringan ekosistem yang mendukung kelangsungan hidup Raptor (O'Bryan *et al.*, 2022), karena mereka bergantung pada keseimbangan antara predator, mangsa, dan tempat berlindung. Fragmentasi habitat ini membuat Raptor lebih rentan terhadap kepunahan, karena mereka terisolasi dari populasi lainnya dan sulit menemukan pasangan atau sumber makanan yang cukup. Melindungi habitat alami menjadi hal yang sangat penting agar raptor dapat tetap berfungsi sebagai predator puncak di ekosistem.

Selain degradasi habitat, ancaman lain terhadap populasi raptor adalah perburuan liar dan penangkapan ilegal (Madden *et al.*, 2019). Banyak spesies raptor, terutama yang besar dan memiliki bulu yang indah, sering diburu untuk perdagangan ilegal atau dibunuh karena dianggap sebagai ancaman terhadap ternak atau pertanian. Perburuan ini tidak hanya mengurangi jumlah individu dalam populasi raptor, tetapi juga mengganggu proses reproduksi dan memperburuk keadaan genetik populasi yang terancam. Bahkan beberapa raptor menjadi sasaran pemburu yang mencari manfaat ekonomi dari organ tubuh mereka, seperti cakar, paruh, atau bulu (MaMing *and* Xu, 2015). Kerusakan akibat perburuan ini memperburuk kondisi populasi dan memperlambat pemulihan spesies raptor yang terancam punah.

Penggunaan pestisida dan bahan kimia berlebihan juga menjadi ancaman serius bagi kelangsungan hidup Raptor. Pestisida yang digunakan dalam pertanian untuk mengendalikan hama dapat tercemar ke dalam rantai makanan dan meracuni Raptor melalui mangsa yang mereka konsumsi. Bahan kimia ini dapat menyebabkan keracunan akut atau gangguan pada sistem reproduksi mereka, serta penurunan kualitas kesehatan secara keseluruhan. Selain itu, polusi udara dan air dapat merusak habitat raptor dan memperburuk kualitas makanan yang mereka konsumsi. Dampak-dampak ini secara langsung memengaruhi kelangsungan hidup raptor dan kestabilan ekosistem tempat mereka berada (Movalli *et al.*, 2018).

2.2.6. Raptor di Indonesia

Indonesia memiliki keanekaragaman yang signifikan dalam kelompok burung pemangsa (raptor), baik yang aktif di siang hari (diurnal) maupun malam hari (nokturnal). Secara global, diperkirakan terdapat sekitar 285–310 jenis raptor (Amadon *and* Bull, 1988; Kerlinger *and* Moore, 1989; Monroe *and* Sibley, 1990); di Asia terdapat sekitar 90 jenis, dan di Indonesia ditemukan sekitar 75 jenis diurnal raptor, termasuk 15 yang endemik (famili Pandionidae, Accipitridae, Falconidae) (Robbins, 2006). Untuk raptor nokturnal seperti burung hantu (Strigiformes), diperkirakan sekitar 34 jenis terdapat di Indonesia, dengan kira-kira 16 di antaranya merupakan endemik.

Beberapa spesies raptor endemik memiliki populasi yang sangat terbatas dan mendesak untuk dilindungi. Contohnya, Elang Flores saat ini hanya tersisa sekitar 320 - 1,500, menjadikannya kategori *endangered* di dalam daftar IUCN (Birdlife International, 2024). Sementara itu, Elang Jawa yang merupakan spesies ikonik di Indonesia, diperkirakan hanya memiliki sekitar 300-500 individu yang masih hidup di alam saat data terakhir tersedia pada awal 2016 (Birdlife International, 2017). Angka-angka populasi ini menggambarkan tantangan serius bagi pelestarian keduanya, terutama mengingat tekanan dari perusakan habitat dan perburuan ilegal.

Beberapa studi lapangan telah berhasil memperkirakan jumlah individu raptor migran yang melewati wilayah Indonesia selama satu musim. Sebagai contoh, Nijman (2004) mencatat bahwa minimal 30.000 individu raptor bermigrasi setiap tahun melalui Pegunungan Dieng, Jawa Tengah, dalam kurun waktu delapan minggu dari September hingga November. Dari jumlah tersebut, sekitar 23.000 individu adalah Elang-alap Cina (*Accipiter soloensis*), 3.500 adalah Elang-alap Jepang (*Accipiter gularis*), dan 2.500 adalah Sikep-madu (*Pernis ptilorhynchus*) (Nijman, 2004). Sementara itu, di seluruh wilayah Sumatra, Jawa, Kalimantan, Bali, dan Selat Lombok, pengamatan tahun 2010 menemukan total 55.657 individu raptor migran, dengan dominasi oleh spesies yang sama: Elang-alap Cina, Sikep-Madu Asia, dan Elang-alap Jepang (Purwanto *et al.*, 2015). Data ini menunjukkan tren kemelimpahan yang sangat signifikan bagi beberapa spesies migran saat melewati koridor Indonesia, terutama dalam periode musim migrasi utama.

2.3. Kesesuaian Habitat

Kesesuaian habitat merupakan tingkatan suatu habitat dimana dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik (Wang and Wan, 2021). Menurut Kim *et al* (2025) faktor abiotik seperti lingkungan menjadi penentu tingkat kesesuaian habitat seperti iklim, topografi, dan index vegetasi, karena distribusi populasi suatu spesies selalu memiliki kriteria khusus dalam menentukan habitat yang sesuai. Faktor biotik terkadang sering dilupakan, namun hal ini cukup penting dalam mengidentifikasi kesesuaian habitat, seperti ketersediaan pakan, sarang, dan

interaksi dengan satwa mangsa (De Kort *et al.*, 2020). Faktor gangguan pada lingkungan seperti kebakaran hutan dan perubahan tutupan lahan, terkadang sangatlah menentukan kesesuaian habitat karena satwa cenderung menjadi bio indikator dimana ketika lingkungan nya rusak maka distribusi populasinya akan tertekan (Zhu *et al.*, 2021).

Untuk dapat menganalisis kesesuaian habitat memerlukan metode, seperti analisis statistika, dan pemodelan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) (Rosalia *et al.*, 2024). Pemodelan berbasis SIG dapat diterapkan dengan menggunakan algoritma seperti Maximum Entropy (MaxEnt) (Venne and Currie, 2021), Random Forest (RF) (Rather *et al.*, 2020), Support Vector Machine (SVM) (Garcia-Quintas *et al.*, 2023), Generalized Boosting Model (GBM) (Raw *et al.*, 2020) dan Analytic Hierarchy Process (AHP) (Jain *et al.*, 2021). Pemodelan dengan algoritma yang paling akurat yakni dengan menggunakan MaxEnt (Fitzgibbon *et al.*, 2022), dibandingkan dengan algoritma lainnya.

2.4. Faktor Lingkungan

2.4.1. Ketinggian

Ketinggian merupakan faktor lingkungan yang memiliki peran dalam menentukan kesesuaian habitat suatu spesies (Hurtado and Burton, 2022). Perubahan ketinggian menyebabkan perbedaan tekanan udara, jumlah oksigen, dan suhu, yang mempengaruhi adaptasi spesies dengan lingkungannya. Pada ketinggian yang relatif tinggi, suhu cenderung lebih rendah dan jumlah oksigen lebih sedikit, sehingga hanya spesies tertentu yang mampu bertahan. Spesies yang memiliki adaptasi khusus tidak banyak, hal ini dipengaruhi oleh seperti peningkatan respirasi atau perubahan dalam pola metabolisme. Oleh karena itu, distribusi spesies terkadang bergantung pada toleransi pada ketinggian tertentu.

Ketinggian juga berpengaruh pada struktur vegetasi dan ketersediaan sumber daya dalam suatu habitat (Santillán *et al.*, 2020). Vegetasi di dataran rendah biasanya lebih beragam dibandingkan dengan daerah pegunungan yang memiliki kondisi lebih ekstrem. Perubahan dalam jenis vegetasi ini berdampak langsung pada ketersediaan pakan dan tempat berlindung bagi berbagai spesies. Selain itu, fauna yang hidup di ketinggian tertentu cenderung memiliki adaptasi khusus,

seperti bulu yang lebih tebal atau perubahan dalam pola aktivitas harian (Scherler *et al.*, 2023). Dengan demikian, ketinggian menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan pola distribusi dan kelimpahan suatu spesies.

2.4.2. Suhu

Suhu lingkungan memiliki pengaruh besar terhadap metabolisme, aktivitas, dan sebaran spesies di suatu habitat. Organisme berdarah dingin, seperti reptil, sangat bergantung pada suhu luar untuk mengatur suhu tubuhnya. Sebaliknya, mamalia dan burung memiliki mekanisme fisiologis yang membantu mereka beradaptasi terhadap perubahan suhu (Nord *and* Giroud, 2020). Suhu ekstrem, baik yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah, dapat menyebabkan stres fisiologis dan membatasi kemampuan suatu spesies untuk bertahan hidup (Bourne *et al.*, 2020). Oleh karena itu, spesies yang hidup di tempat dengan suhu yang sangat bervariasi biasanya memiliki adaptasi khusus, seperti perilaku yang berbeda atau toleransi fisiologis.

Suhu juga memengaruhi siklus hidup dan pola reproduksi berbagai spesies. Pada suhu yang lebih tinggi, siklus hidup beberapa organisme dapat mengalami percepatan, sementara suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat proses metabolisme dan pertumbuhan. Perubahan suhu akibat perubahan iklim juga dapat menyebabkan pergeseran distribusi spesies ke wilayah yang secara termal lebih sesuai (Kraemer *et al.*, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa suhu merupakan faktor lingkungan yang sangat penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan memastikan kelangsungan hidup spesies di dalamnya.

2.4.3. Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi adalah alat yang digunakan untuk mengukur kelimpahan dan kesehatan vegetasi dalam suatu ekosistem (Gao *et al.*, 2020). Vegetasi yang melimpah menyediakan sumber makanan, tempat berlindung, dan habitat yang lebih stabil bagi berbagai spesies. Ketersediaan vegetasi yang cukup dapat meningkatkan keanekaragaman hayati dengan mendukung populasi herbivora dan predator dalam rantai makanan (Youngflesh *et al.*, 2021). Vegetasi juga berperan dalam menjaga kelembapan dan mikroklimat di dalam suatu habitat, yang sangat penting bagi kelangsungan hidup spesies tertentu.

Perubahan pada indeks vegetasi dapat memengaruhi sebaran dan kelimpahan spesies dalam suatu ekosistem (Bradfer-Lawrence *et al.*, 2020). Deforestasi dan degradasi habitat akibat aktivitas manusia dapat menurunkan nilai indeks vegetasi dan menyebabkan penurunan populasi spesies yang bergantung pada ekosistem tersebut (Bodo *et al.*, 2021). Di sisi lain, konservasi dan pemulihan vegetasi dapat memperbaiki kualitas habitat dan membantu populasi spesies terancam punah pulih. Oleh karena itu, indeks vegetasi merupakan salah satu hal terpenting yang perlu diperhatikan saat menentukan apakah suatu habitat cocok bagi berbagai spesies dalam suatu ekosistem.

2.4.3.1. NDVI (*Normalized Different Vegetation Index*)

NDVI memanfaatkan fakta bahwa vegetasi hijau yang sehat memantulkan radiasi merah dan inframerah dekat (NIR) dengan cara yang sangat berbeda (Wang *et al.*, 2023). NDVI merupakan ukuran seberapa sehat dan tahan lama tanaman tersebut (Ally *et al.*, 2023). Indeks ini digunakan untuk menentukan jumlah tanaman dan tingkat kesehatannya dengan membandingkan seberapa banyak cahaya merah dan inframerah dekat yang dipantulkan. *Normalized Different Vegetation Index* (NDVI) digunakan untuk mengidentifikasi jenis vegetasi yang ada dan mendeteksi perubahan pada vegetasi. Nilai NDVI diperoleh dengan menghitung cahaya inframerah dekat yang dipantulkan oleh tanaman (Achmad *et al.*, 2019).

NDVI merupakan salah satu indeks vegetasi yang paling banyak digunakan dalam penginderaan jauh untuk mengukur tingkat kehijauan dan kesehatan vegetasi di permukaan Bumi (Fahreza *et al.*, 2022). Indeks ini didasarkan pada pemantulan cahaya pada dua spektrum: merah (red) dan inframerah dekat (near-infrared/NIR). Data tersebut berasal dari citra satelit (Yuniasih and Adjie, 2022). Tumbuhan yang sehat dan hijau akan menyerap sebagian besar cahaya merah untuk fotosintesis dan memantulkan cahaya inframerah dekat. Perbedaan antara kedua pantulan ini menjadi indikator yang jelas mengenai kondisi vegetasi. NDVI merupakan alat yang sangat berguna untuk memantau vegetasi di wilayah yang luas secara efisien dan berkelanjutan.

2.4.3.2. EVI (*Enhanced Vegetation Index*)

Enhanced Vegetation Index (EVI) adalah salah satu indeks vegetasi yang dikembangkan untuk mengatasi masalah pada NDVI, terutama ketika vegetasi sangat lebat dan padat. NDVI cenderung mengalami saturasi, yang berarti indeks ini tidak dapat membedakan tingkat kehijauan ketika tanaman tumbuh sangat berdekatan atau sedang tumbuh subur. EVI merupakan solusi yang lebih baik karena memiliki rumus yang lebih kompleks dan akurat. EVI menggunakan tiga warna cahaya yang dipantulkan dari permukaan Bumi: merah, biru, dan inframerah dekat (NIR). Indeks ini juga memperhitungkan pengaruh atmosfer dan latar belakang lahan. Rumus EVI adalah: $EVI = G \times ((NIR - Red) / (NIR + C1 \times Red - C2 \times Blue + L))$, di mana G adalah faktor yang memperkuat efek, C1 dan C2 adalah koefisien yang mengoreksi pengaruh atmosfer, dan L adalah nilai yang mengurangi efek latar belakang tanah. Perbedaan utama antara EVI dan NDVI adalah bahwa EVI menggunakan kanal biru, yang membantu menghilangkan masalah atmosfer seperti kabut, awan tipis, atau asap, sehingga pengamatan menjadi lebih stabil dan akurat (Xie and Fan, 2021).

Nilai EVI berkisar antara -1 hingga +1, meskipun nilai-nilai ekstrem ini jarang ditemukan dalam pengamatan vegetasi alami. Semakin tinggi nilai EVI, semakin sehat dan padat vegetasi yang diamati. EVI juga lebih unggul karena tetap sensitif terhadap perubahan kecil dalam struktur vegetasi, bahkan di daerah dengan biomassa tinggi, yang seringkali sulit dideteksi oleh NDVI (Magdalena and Roziqin, 2021). Oleh karena itu, EVI sangat berguna untuk mempelajari vegetasi tropis, hutan hujan, dan lahan pertanian intensif, di mana struktur vegetasi yang kompleks dan laju pertumbuhan yang cepat memerlukan pengamatan yang lebih presisi. EVI juga cocok untuk pemantauan jangka panjang karena lebih tahan terhadap perubahan yang disebabkan oleh cuaca dan pencahayaan.

2.4.3.3. SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*)

Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) adalah indeks vegetasi yang dikembangkan untuk mengatasi pengaruh reflektansi tanah dalam mengukur tingkat kehijauan vegetasi, terutama di daerah yang memiliki tutupan vegetasi terbatas atau tidak terlalu lebat (Nugraha and Citra, 2021). Indeks ini merupakan

versi modifikasi dari NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). SAVI menambahkan faktor koreksi untuk kondisi tanah latar belakang yang sering memengaruhi interpretasi citra satelit. Rumus SAVI adalah: $SAVI = ((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$, di mana NIR adalah reflektansi inframerah dekat, Red adalah reflektansi cahaya merah, dan L adalah faktor koreksi lahan. Nilai L bervariasi tergantung pada kepadatan vegetasi, tetapi nilai 0,5 biasanya digunakan sebagai standar untuk kondisi tutupan vegetasi sedang. Dengan komponen L ini, SAVI dapat mengurangi distorsi nilai indeks yang biasanya terjadi di daerah dengan tutupan vegetasi rendah atau sedang.

SAVI lebih baik daripada NDVI karena memberikan hasil yang lebih stabil dan akurat di area dengan banyak lahan terbuka, seperti lahan pertanian kering, semak belukar, atau padang rumput yang jarang. Dalam situasi semacam ini, NDVI cenderung memberikan nilai yang bias karena reflektansi tanah memiliki pengaruh besar terhadap nilai indeks. Dengan menggunakan SAVI, pantulan dari tanah dapat dikompensasi, sehingga nilai indeks lebih baik menggambarkan kondisi vegetasi yang sebenarnya. Indeks ini sangat berguna pada tahap awal pertumbuhan tanaman, ketika vegetasi belum sepenuhnya menutupi tanah, sehingga pengaruh tanah sangat kuat dalam pantulan spektral (Rahmawati and Herman, 2021).

2.4.3.4. ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*)

Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) adalah salah satu indeks vegetasi yang dikembangkan untuk memudahkan interpretasi citra satelit ketika terdapat partikel seperti debu, asap, atau kabut di atmosfer yang dapat memengaruhi akurasi pengukuran vegetasi (Taufik *et al.*, 2020). ARVI merupakan pengembangan dari NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). ARVI menambahkan koreksi atmosfer yang menggunakan pantulan cahaya biru untuk mengimbangi distorsi spektral yang disebabkan oleh partikel di atmosfer. Rumus ARVI adalah $ARVI = (NIR - (2 \times Red - Blue)) / (NIR + (2 \times Red - Blue))$, di mana NIR adalah pantulan inframerah dekat, Red adalah pantulan merah, dan Blue adalah pantulan biru. ARVI dapat meminimalkan pengaruh atmosfer tanpa memerlukan data koreksi atmosfer tambahan dengan mengoreksi nilai merah melalui komponen biru, sehingga lebih efisien dalam pengolahan data skala besar.

ARVI sangat berguna untuk menganalisis vegetasi di daerah yang sering tertutup kabut, asap kebakaran hutan, atau polusi udara, seperti daerah tropis dan perkotaan. Dalam kondisi tersebut, NDVI sering menghasilkan data yang kurang akurat karena cahaya merah lebih rentan terhadap penyebaran dan penyerapan oleh partikel atmosfer. ARVI membantu memperbaiki bias pada refleksi merah dengan menggunakan informasi dari kanal biru. Hal ini membuat nilai indeks vegetasi menjadi lebih stabil dan dapat diandalkan. Nilai ARVI berkisar antara -1 hingga +1, dan maknanya serupa dengan NDVI: nilai mendekati +1 menandakan vegetasi yang sehat dan lebat, sedangkan nilai mendekati 0 atau negatif menandakan lahan gundul, permukaan air, atau kondisi non-vegetatif lainnya (Ibrahim *et al.*, 2023).

2.4.4. Kelerengan

Kemiringan adalah ukuran kemiringan permukaan tanah yang secara signifikan memengaruhi karakteristik ekosistem dan sebaran vegetasi di suatu wilayah. Dalam konteks habitat burung pemangsa, kemiringan memengaruhi akses ke area bersarang dan berburu yang tersembunyi serta aman (Djorgova *et al.*, 2021). Daerah dengan kemiringan curam umumnya lebih sulit dijangkau oleh manusia, sehingga tingkat gangguan antropogeniknya rendah dan menjadikannya cocok bagi spesies burung pemangsa yang menghindari campur tangan manusia. Selain itu, lereng curam memberikan burung pemangsa pandangan yang jelas terhadap pergerakan mangsanya dari atas. Kemampuan burung pemangsa untuk terbang mengikuti kontur lereng memberikan mereka keunggulan dalam hal efisiensi energi dan strategi berburu.

Namun, lereng yang terlalu curam juga dapat membatasi ketersediaan vegetasi yang memadai untuk bertengger atau bersarang, karena tanah yang tidak stabil dapat menghambat pertumbuhan tumbuhan berkayu. Oleh karena itu, kesesuaian habitat di daerah lereng dipengaruhi oleh kombinasi kemiringan lereng dan jenis tutupan lahan yang ada di daerah tersebut. Lereng sedang hingga curam dengan tutupan hutan yang lebat umumnya merupakan habitat ideal bagi burung pemangsa, karena menawarkan perlindungan sekaligus area eksplorasi yang luas (Cauli *et al.*, 2021). Di sisi lain, lereng yang telah diubah menjadi lahan pertanian atau pemukiman akan memiliki nilai ekologis yang lebih rendah. Menggabungkan

data lereng dengan informasi vegetasi memberikan penilaian yang lebih akurat mengenai kesesuaian habitat.

Dalam pemetaan spasial, analisis lereng menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) sangat efektif untuk mengidentifikasi zona habitat potensial berdasarkan kemiringan lahan (Nurfalaq *et al.*, 2024). Informasi ini kemudian dapat digunakan untuk merencanakan koridor satwa liar, kawasan lindung, atau zona transisi yang memperhitungkan aksesibilitas dan risiko bencana alam. Lereng yang curam dan sulit dijangkau sering kali berfungsi sebagai habitat sisa bagi spesies burung pemangsa yang populasinya telah terdesak ke tempat lain. Menggabungkan data kemiringan dengan faktor lain, seperti curah hujan dan kelembapan, juga membantu kita memahami apa yang membuat suatu habitat cocok. Pendekatan multidimensi ini merupakan landasan penting untuk melestarikan spesies dengan kebutuhan ekologis yang kompleks, seperti burung pemangsa.

2.4.5. Tutupan Lahan

Tutupan lahan merupakan parameter penting dalam analisis kesesuaian habitat karena mencerminkan kondisi fisik permukaan bumi sebagaimana digunakan atau ditutupi oleh unsur-unsur alam dan buatan manusia. Variasi tutupan lahan secara signifikan memengaruhi ketersediaan tempat berlindung, tempat bertengger, dan area mencari makan bagi burung pemangsa (Arifin *et al.*, 2020). Hutan alam dengan vegetasi yang lebat biasanya menyediakan habitat yang lebih ideal karena sumber daya yang melimpah dan tingkat gangguan yang rendah. Sementara itu, lahan pertanian, pemukiman, atau area terbuka sering kali menunjukkan tingkat gangguan yang tinggi yang tidak disukai oleh banyak spesies burung pemangsa. Analisis spasial tutupan lahan membantu mengidentifikasi area dengan vegetasi lebat yang dapat berfungsi sebagai habitat yang sesuai bagi satwa liar.

Perubahan tutupan lahan, seperti konversi hutan menjadi lahan pertanian atau pemukiman, menjadi ancaman utama bagi keberlanjutan habitat burung pemangsa. Perubahan ini memecah-mecah habitat, sehingga mempersulit burung pemangsa untuk bergerak dan bermigrasi dalam mencari mangsa atau lokasi bersarang. Hilangnya vegetasi darat juga mengurangi kemampuan ekosistem

untuk menyerap air dan mengatur mikroklimat yang diperlukan agar burung pemangsa dapat berkembang biak. Lahan yang rusak juga lebih rentan terhadap bencana alam seperti banjir dan kekeringan. Dengan kata lain, kualitas dan jenis tutupan lahan terkait erat dengan daya dukung ekologi suatu wilayah (O'Bryan *et al.*, 2022).

Kehadiran burung pemangsa di lanskap dengan tutupan lahan yang beragam juga menunjukkan kemampuan mereka untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan yang moderat (Miranda *et al.*, 2021). Namun, batas toleransi setiap spesies bervariasi tergantung pada kebutuhan ekologi spesifik seperti ketersediaan mangsa, ketinggian vegetasi, dan isolasi habitat. Sebagian besar burung pemangsa diurnal lebih menyukai area berhutan, sementara beberapa spesies dapat ditemukan di lahan terbuka dengan vegetasi semak atau padang rumput. Memahami preferensi ini akan sangat membantu dalam memodelkan kesesuaian habitat berdasarkan data tutupan lahan. Proyeksi ini dapat digunakan untuk merancang zona konservasi yang dapat beradaptasi seiring perubahan lanskap.

Tutupan lahan juga mencerminkan dinamika penggunaan lahan oleh manusia, menjadikannya indikator tekanan antropogenik terhadap habitat satwa liar. Area yang mengalami perubahan drastis dalam tutupan lahan dalam waktu singkat cenderung menghadapi risiko kehilangan keanekaragaman hayati yang lebih tinggi (Newbold *et al.*, 2020). Untuk itu, pemantauan tutupan lahan secara berkala melalui penginderaan jauh dapat memberikan informasi penting untuk mendeteksi degradasi habitat. Data ini kemudian dapat diintegrasikan ke dalam perencanaan restorasi dan konservasi berbasis lanskap yang mempertimbangkan habitat burung pemangsa. Pendekatan semacam itu menempatkan tutupan lahan sebagai elemen kunci dalam strategi perlindungan ekosistem yang komprehensif.

2.4.6. Kelembaban

Kelembapan udara merupakan faktor lingkungan yang sangat penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem, terutama terkait ketersediaan air dan stabilitas iklim mikro di dalam suatu habitat (Nurdin *et al.*, 2021). Burung pemangsa yang hidup di hutan tropis sangat bergantung pada tingkat kelembapan yang sesuai untuk menjaga fungsi fisiologis mereka serta kenyamanan lingkungan di sekitar

sarang mereka. Suhu tubuh burung pemangsa dapat tetap stabil jika kelembapan optimal, terutama saat mereka beristirahat atau bertelur di sarangnya (Adam *et al.*, 2024). Lingkungan yang lembap juga mendukung pertumbuhan vegetasi yang lebat, yang pada gilirannya mendukung keberadaan spesies mangsa. Korelasi antara kelembapan dengan produktivitas vegetasi dan keanekaragaman hayati menjadikan faktor ini sangat relevan dalam menilai kesesuaian habitat.

Fluktuasi kelembapan yang ekstrem dapat menimbulkan tekanan signifikan pada organisme, seperti burung pemangsa, yang beradaptasi dengan iklim mikro yang sangat bervariasi. Kelembapan yang terlalu rendah dapat menyebabkan kekeringan vegetasi dan mengurangi populasi serangga serta hewan kecil yang menjadi bagian dari rantai makanan burung pemangsa (Sumasgutner *et al.*, 2020). Di sisi lain, kelembapan tinggi yang berkepanjangan dapat merusak sarang akibat pertumbuhan jamur atau peningkatan serangan parasit pada anak burung. Faktor-faktor ini berdampak signifikan terhadap keberhasilan reproduksi dan kelangsungan hidup anak burung pemangsa, yang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan (Kamfer *et al.*, 2022). Perubahan tingkat kelembapan juga sering kali berfungsi sebagai indikator awal degradasi habitat dalam skala yang lebih besar.

Habitat alami seperti hutan lindung dan kawasan konservasi, kelembapan seringkali menjadi faktor utama yang menentukan struktur vegetasi dan jenis tumbuhan yang digunakan burung pemangsa (Veldsman *et al.*, 2020) sebagai lokasi bersarang atau bertengger. Vegetasi dengan tingkat kelembapan tinggi umumnya lebih padat dan lebih kompleks secara vertikal, memberikan lebih banyak pilihan lokasi bersarang dan tempat bertengger yang aman, terlindung dari predator lain dan gangguan manusia. Kelembapan juga memengaruhi fotosintesis dan pertumbuhan tanaman, yang berdampak pada ketersediaan mangsa bagi burung pemangsa. Karena burung pemangsa menempati tingkat trofik teratas, bahkan perubahan kecil dalam kondisi kelembapan yang memengaruhi vegetasi dan spesies mangsa akan berdampak signifikan terhadap distribusi dan kelimpahan mereka (Yuni *et al.*, 2020). Hubungan tidak langsung inilah yang menjadikan kelembapan sebagai variabel penting dalam model prediksi kesesuaian habitat berbasis lingkungan.

2.4.7. Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu faktor abiotik utama yang memengaruhi struktur, fungsi, dan produktivitas suatu ekosistem, termasuk ekosistem hutan tempat burung pemangsa berkembang biak dan mencari makan (Kujala *et al.*, 2024). Sebagai komponen kunci dalam siklus hidrologi, curah hujan menentukan ketersediaan air tanah dan air permukaan, yang secara signifikan memengaruhi pertumbuhan vegetasi. Vegetasi yang sehat secara langsung mendukung keberadaan mangsa burung pemangsa seperti burung kecil, rodentia, dan amfibi, yang populasinya sangat bergantung pada kondisi kelembaban dan ketersediaan makanan alami (Boal *et al.*, 2023). Curah hujan yang stabil juga menjaga stabilitas ekosistem dengan mencegah kekeringan berkepanjangan, yang dapat menyebabkan berkurangnya organisme dalam rantai makanan. Hubungan ini menjadikan curah hujan sebagai faktor kritis yang perlu dipertimbangkan saat menilai kesesuaian habitat bagi spesies predator puncak seperti burung pemangsa.

Daerah dengan curah hujan tinggi yang terdistribusi merata sepanjang tahun meningkatkan produktivitas primer tumbuhan dan menciptakan lingkungan yang lebih subur serta beragam secara biologis. Vegetasi yang rimbun menyediakan perlindungan alami bagi burung pemangsa untuk bertengger dan bersarang, serta habitat yang sesuai bagi populasi mangsanya (Del Corso *and* Smallwood, 2023). Selain itu, curah hujan yang menjaga kelembapan membantu mempertahankan kondisi mikroklimat di dalam hutan, sehingga lingkungan menjadi lebih stabil terhadap fluktuasi suhu ekstrem. Pola ini cenderung memengaruhi tingkat keberhasilan reproduksi burung pemangsa, yang memerlukan lokasi bersarang yang aman dan tidak mudah terganggu oleh perubahan cuaca. Ketika wilayah habitat mengalami defisit curah hujan, penurunan aktivitas burung pemangsa sering diamati karena pergerakan mereka beralih ke area dengan kondisi iklim yang lebih menguntungkan.

Sebaliknya, daerah yang mengalami curah hujan yang tidak dapat diprediksi atau ekstrem seperti hujan lebat dalam waktu singkat yang diikuti oleh musim kemarau yang berkepanjangan memiliki efek sebaliknya. Pola curah hujan semacam itu dapat mengganggu regenerasi vegetasi dan mengurangi daya dukung habitat secara keseluruhan (Sutrisno *et al.*, 2021). Selama banjir, habitat bersarang

dapat rusak dan mangsa sulit ditemukan akibat perubahan struktur tanah atau aliran air (White Rose *and* Boughton, 2022). Selama kekeringan, berkurangnya vegetasi menyebabkan penurunan populasi mangsa dan mengurangi sumber daya yang tersedia bagi burung pemangsa. Situasi ini dapat memaksa burung pemangsa untuk berpindah ke lokasi yang lebih stabil, yang akan mengubah distribusi mereka di dalam hutan.

2.4.8. Jarak dari Pemukiman

Jarak dari pemukiman berfungsi sebagai indikator tekanan antropogenik yang dapat memengaruhi kelangsungan hidup satwa liar, termasuk burung pemangsa, yang sangat sensitif terhadap gangguan manusia (Restrepo-Cardona *et al.*, 2020). Aktivitas manusia seperti kebisingan, pencahayaan buatan, kendaraan, dan perburuan dapat merusak kualitas habitat alami serta menyebabkan gangguan perilaku pada satwa liar. Burung pemangsa, yang memiliki wilayah teritorial yang luas, biasanya menghindari area dekat aktivitas manusia, terutama selama musim kawin. Semakin dekat habitat dengan pemukiman manusia, semakin besar kemungkinan proses alami seperti berburu dan bersarang terganggu. Hal ini menyebabkan burung pemangsa lebih memilih area yang cukup jauh dari pusat pemukiman.

Jarak saja tidak selalu menjadi satu-satunya faktor penentu kesesuaian habitat; keberadaan vegetasi pendukung atau zona transisi juga memainkan peran penting. Jalur hijau atau hutan sekunder di antara habitat dan pemukiman dapat berfungsi sebagai penyangga yang memitigasi dampak langsung aktivitas manusia (Brink, 2020). Vegetasi pendukung ini juga menyediakan ruang aman yang cukup untuk bergerak dan bertengger bagi burung pemangsa yang menjelajah dekat pemukiman. Dalam kondisi tertentu, beberapa spesies burung pemangsa yang lebih adaptif masih dapat ditemukan di pinggiran pemukiman jika terdapat mangsa dan vegetasi yang cukup. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan toleransi antarspesies terkait jarak dari pemukiman dan struktur lanskap sekitarnya.

Kehadiran pemukiman juga sering dikaitkan dengan konversi lahan skala besar yang menyebabkan hilangnya habitat alami. Proses ini sering terjadi secara bertahap namun berdampak signifikan terhadap pola distribusi burung pemangsa,

terutama di area yang sebelumnya merupakan zona transisi atau tempat berkembang biak (McCaslin *et al.*, 2020). Jarak dari pemukiman yang dulunya cukup jauh dapat berkurang secara drastis akibat perluasan kawasan pemukiman dan pembangunan infrastruktur. Hal ini mengurangi ruang alam yang tersedia bagi burung pemangsa dan menambah tekanan pada populasi yang tersisa. Oleh karena itu, pemetaan jarak dari pemukiman sebaiknya dilakukan menggunakan data dinamika penggunaan lahan untuk memberikan gambaran yang lebih akurat.

Analisis spasial berbasis jarak dari pemukiman memberikan informasi krusial untuk merancang zona konservasi dan mengurangi konflik antara manusia dan satwa liar. Dengan memahami batas toleransi spasial burung pemangsa terhadap aktivitas manusia, kita dapat mengembangkan strategi perlindungan habitat yang memperhitungkan keberadaan pemukiman di sekitarnya. Secara strategis, zona konservasi dapat ditempatkan sedemikian rupa sehingga tidak tumpang tindih dengan area yang berada di bawah tekanan tinggi. Data ini juga dapat digunakan untuk merancang program pendidikan masyarakat mengenai pentingnya menjaga jarak aman dari habitat satwa liar. Pendekatan ini akan lebih efektif dalam jangka panjang jika didukung oleh kebijakan perencanaan spasial yang merespons data ekologi.

2.4.9. Jarak dari Sungai

Sungai dan badan air lainnya memainkan peran ekologis yang sangat penting dalam suatu lanskap, berfungsi sebagai sumber air, tempat berburu, dan koridor pergerakan bagi berbagai spesies, termasuk burung pemangsa (Singh *et al.*, 2022). Jarak dari sungai merupakan salah satu variabel yang menunjukkan seberapa besar ketergantungan burung pemangsa terhadap air serta preferensi mereka terhadap habitat yang kaya akan keanekaragaman hayati tumbuhan dan hewan. Sungai menyediakan kelembapan yang stabil dan mendukung vegetasi tepi sungai yang berfungsi sebagai tempat bertengger atau bahkan tempat bersarang bagi burung pemangsa. Selain itu, daerah di dekat sungai umumnya memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, sehingga menawarkan potensi mangsa yang lebih besar. Dengan demikian, kedekatan dengan sungai sering kali menunjukkan bahwa habitat tersebut kemungkinan besar cocok.

Namun, kedekatan dengan sungai juga membawa risiko tertentu tergantung pada kondisi alamnya, seperti banjir musiman atau aktivitas manusia di sekitarnya (Adhikari *et al.*, 2022). Di area yang sering terganggu oleh aktivitas seperti penambangan pasir atau pembukaan lahan, kualitas habitat di sekitar sungai dapat menurun secara signifikan, yang dapat membuat burung pemangsa menjauh dari area tersebut. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan tidak hanya jarak ke sungai tetapi juga kualitas ekologis zona riparian. Dalam konteks ini, analisis spasial dapat digunakan untuk mengevaluasi kombinasi kedekatan dan kualitas habitat di sepanjang koridor sungai. Penilaian semacam ini membantu mengidentifikasi area-area kunci untuk perlindungan dan restorasi.

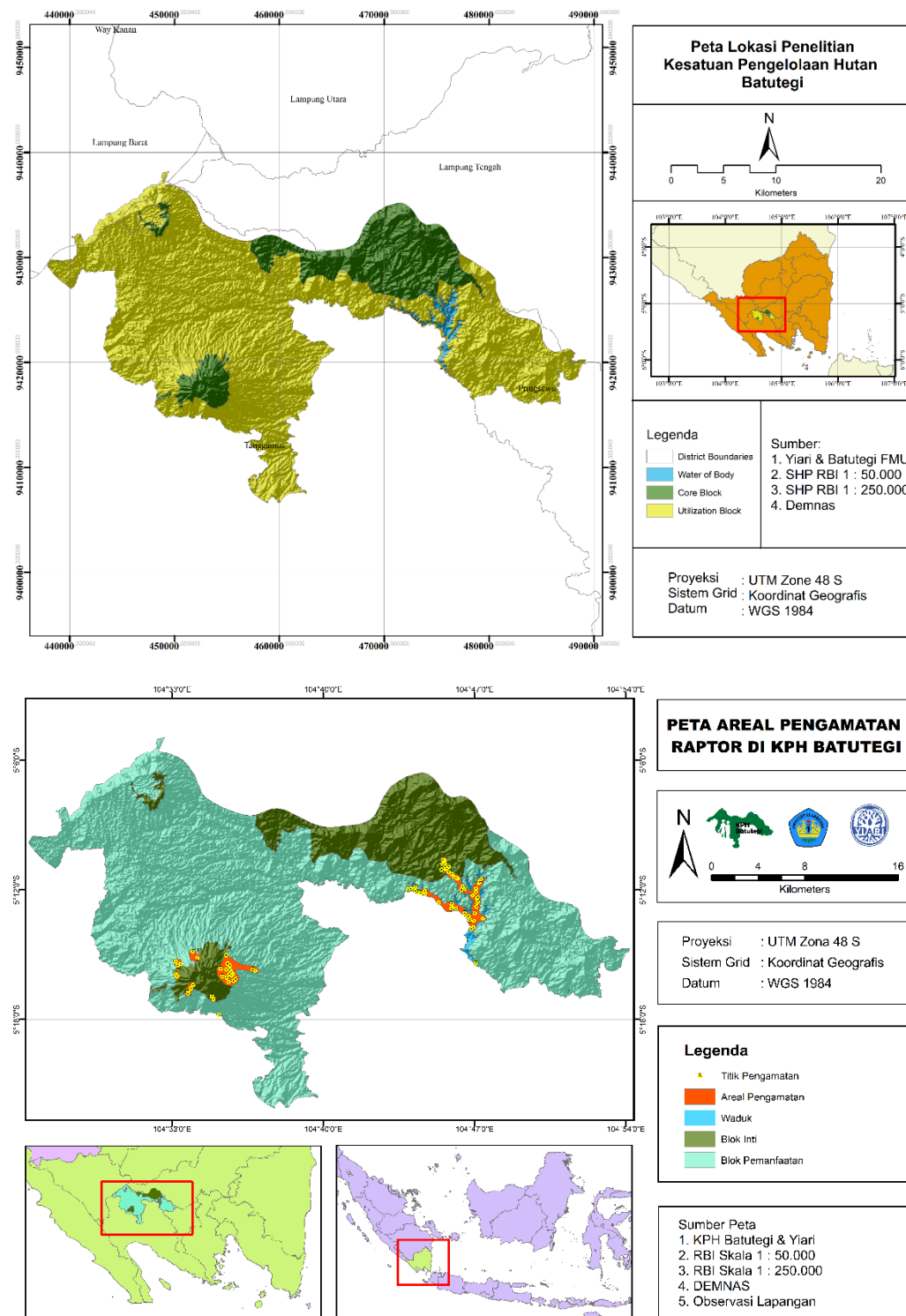
III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama 1 bulan yaitu Oktober 2025-November 2025. Penelitian ini dilakukan pada kawasan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batutegi Blok Inti Gunung Rindingan dan Blok Inti Way Sekampung (Stasiun Riset Way Rilau), Blok Pemanfaatan, dan Waduk (Gambar 2). KPH Batutegi terbagi menjadi tiga register, yaitu sebagian Register 39 Kota Agung Utara, Register 32 Bukit Rindingan dan sebagian Register 32 Way Waya. Kawasan KPH Batutegi memiliki luas ± 58.162 ha yang terdiri dari blok inti ± 10.827 ha dan blok pemanfaatan ± 47.334 ha (Dishut Provinsi Lampung, 2013).

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah binokuler, kamera, tallysheet, alat tulis, laptop, GPS (*Global Positioning System*), ArcGis, GEE (*Google Earth Engine*), R-Studio, dan *Software MaxEnt*. Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu Raptor (koordinat, jenis raptor, jumlah individu), peta batas kawasan KPH Batutegi, data dari web Nasa, Peta Rupa Bumi Indonesia, Citra DEM (Digital Elevation Model), dan Citra Landsat 8.



Gambar 3. Peta lokasi penelitian dan areal pengamatan raptor di KPH Batutege

3.3. Jenis Data

Data yang digunakan pada penelitian ini ialah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan pengambilan titik perjumpaan raptor. Data sekunder

berupa data variabel lingkungan yang diperoleh dengan penginderaan jarak jauh melalui analisis spasial tutupan lahan, index vegetasi, jarak dengan pemukiman, jarak dengan sungai, suhu, kelembaban, curah hujan, *elevasi*, *slope*, dan data pendukung lainnya seperti data *smart patrol* dari YIARI (Yayasan Inisiasi Alam Rehabilitasi Indonesia). Data primer dan sekunder dibutuhkan untuk menganalisa kesesuaian habitat raptor.

3.4. Teknik Pengambilan Data

3.4.1. Keberadaan Raptor

Metode yang digunakan dalam pengambilan data keberadaan raptor yakni menggunakan observasi atau pengamatan secara langsung (Johnson *et al.*, 2019). Teknik yang digunakan adalah purposive sampling dengan kriteria lokasi pengamatan yaitu pengamatan raptor dari titik pandang tinggi atau terbuka sehingga pandangan pengamat tidak terhalang oleh vegetasi (misalnya bukit, menara, atau tepi jurang) (Whitacre and Turley, 1990; Verduci *et al.*, 2023), karena banyak raptor bersarang di tebing, atau menggunakan arus naik udara atau *updraft* yang dihasilkan oleh kontur lanskap. Salah satu tempat pengamatan representatif dengan keberadaan raptor yakni sarang sebagai tempat breeding ataupun badan air sebagai tempat berburu (Fuller and Mosher, 1981; McClure *et al.*, 2022). Banyak studi menunjukkan raptor memilih lokasi dekat sumber air karena berkaitan dengan keberadaan mangsa, vegetasi mendukung, dan iklim mikro (Galipeau *et al.*, 2019).

Pengambilan data akan dilakukan di 3 penggunaan lahan atau tutupan lahan yang berbeda yaitu hutan, agroforestri, dan waduk/badan air (Beers *et al.*, 1997; De Freitas *et al.*, 2005; Nijman *et al.*, 2018). Pengambilan data secara langsung hanya dilakukan di Blok Inti Gunung Rindingan, Blok Inti Way Sekampung dan Waduk, namun untuk pengambilan data di agroforestri atau di blok pemanfaatan hanya menggunakan data sekunder melalui penelitian terdahulu dan kemudian dikombinasikan dengan data temuan raptor yang sudah dilakukan oleh YIARI. Pengambilan data dilakukan setiap pukul 09.00-12.00 WIB, 12.00-15.00 WIB, (Nijman, 2001; Iswandaru *et al.*, 2022), karena raptor mengandalkan angin panas untuk mempermudah dalam pergerakan keatas ataupun soaring pada saat jam

09.00 sampai dengan 15.00 (Murgatroyd *et al.*, 2018). Pengamatan raptor diluar waktu potensial soaring dilakukan untuk mendapatkan data Raptor migran yang memiliki potensial terlihat di pagi hari ataupun sore hari.

Pengambilan data dilakukan dengan cara mencatat semua jenis, individu Raptor, dan sarang Raptor. Individu yang teramati baik audio maupun visual (Harris *et al.*, 2020; Kloepper *et al.*, 2024), diidentifikasi arah dan jarak dari pengamat ke satwa untuk mendapatkan data titik koordinat yang akurat. Perjumpaan secara visual didokumentasikan untuk dapat diidentifikasi menggunakan Buku “Panduan Lapangan Identifikasi Jenis Burung di Sumatera, Jawa, Bali dan Kalimantan” dari Mackinnon dan “Panduan Lapangan Identifikasi Burung Burung di Indonesia” dari Burungnesia. Perjumpaan secara audio di rekam untuk dapat diidentifikasi menggunakan aplikasi identifikasi audio Merlin Bird Id yang dikembangkan oleh Cornell Lab Ornithology (Denton *et al.*, 2022; Andrejeff and Lehtikoinen, 2023; Godinez, 2024).

3.4.2. Variabel Lingkungan

Pengambilan data variabel lingkungan dilakukan dengan skema penginderaan jauh dengan menggunakan tangkapan citra satelit, maupun dengan pengolahan data berbasis numerik dan diubah kedalam skala spasial (Chen *et al.*, 2022). Variabel lingkungan yang diambil kemudian di konversi kedalam format ASCII agar dapat dianalisis menggunakan *software Maximum Entropy* (MaxEnt) (Barasa, 2022). Beberapa variabel yang diambil dengan beberapa pertimbangan yang berhubungan dan dapat mempengaruhi distribusi dan kesesuaian habitat raptor sebagai berikut:

- a. Suhu, didapatkan dengan analisis lanjutan landsat 8 menggunakan band 10 yaitu *thermal infrared*. Suhu yang seperti apa yang dapat mempengaruhi distribusi spasial dan kesesuaian habitat raptor, apakah dengan suhu tinggi (panas) akan cenderung terdistribusi tinggi ataukah sebaliknya, dengan suhu rendah (dingin) cenderung terdistribusi tinggi. Suhu menjadi salah satu variabel yang dipilih untuk mengetahui apakah akan memiliki pengaruh tinggi pada kesesuaian habitat. Hasil analisa nya akan berupa dalam satuan Celcius

- b. Kelembaban, didapatkan melalui website nasa, kemudian data yang didapat diinterpolasi menggunakan *inverse distance weighted* (Ayuningtyas and Prasetyo, 2020; Umar *et al.*, 2022; Aini *et al.*, 2023). Kelembaban menjadi salah satu variabel lingkungan yang akan diidentifikasi apakah akan mempengaruhi kesesuaian habitat raptor. Hasil analisa nya akan berupa dalam satuan percent
- c. Kecepatan angin, didapatkan melalui website nasa, kemudian data yang didapat diinterpolasi menggunakan *inverse distance weighted* (Idfi, 2021). Kecepatan angin menjadi salah satu faktor yang diduga dapat mempengaruhi distribusi dan kesesuaian raptor. Menurut Klaassen *et al.* (2011) mengungkapkan bahwa efek angin merupakan salah satu faktor lingkungan terpenting yang mempengaruhi perilaku Raptor dalam berbagai rute migrasi. Hasil analisa nya akan berupa dalam satuan m^2/s
- d. Curah hujan, didapatkan melalui website nasa, kemudian data yang didapat diinterpolasi menggunakan *inverse distance weighted* (Nurhijriah *et al.*, 2022). Curah hujan seringkali menjadi salah satu faktor satwa tidak beraktivitas, sehingga akan mempengaruhi distribusi raptor. Variabel lingkungan curah hujan yang seperti apa yang cocok bagi habitat raptor, apakah daerah dengan curah hujan tinggi, ataukah malah sebaliknya. Hasil analisa nya akan berupa dalam satuan mm/h.
- e. Elevasi, didapatkan melalui citra SRTM Digital Elevation Data Version 4 (Jarvis *et al.*, 2008). Ketinggian tempat menjadi salah satu faktor yang menentukan bahwa raptor akan memilih habitatnya, maka dari itu ketinggian tempat perlu masuk kedalam salah satu variabel yang dikaitkan dengan analisis kesesuaian habitat, untuk melihat raptor cenderung menyukai ketinggian yang bagaimana. Hasil analisa nya akan berupa dalam satuan mdpl.
- f. Kemiringan, didapatkan melalui analisis lanjutan elevasi dengan menggunakan analisis *slope* didalam Google Earth Engine menggunakan ee.Terrain.*slope*. Kemiringan atau tingkat kelerengan lahan menjadi salah satu faktor pendukung tigkat kesesuaian habitat raptor, karena biasanya raptor cenderung bertengger dan bersarang pada pohon yang berada pada kelerengan

curam (Bustamante *and* Seoane, 2004; Tapia *et al.*, 2008). Namun terkadang raptor juga lebih sering beraktivitas pada lahan yang cenderung datar dan terbuka untuk berburu mangsa. Hasil analisa nya akan berupa dalam satuan derajat

- g. Tutupan lahan, didapatkan dengan menggunakan data landsat 8 yang kemudian dianalisis supervised classification dengan algoritma *smilecart*. Tutupan lahan tentu perlu dikaitkan dengan tingkat kesesuaian habitat, melihat saat ini hutan diindonesia telah mengalami degradasi. Maka dari itu, raptor apakah nantinya akan cenderung berada pada tutupan lahan yang rapat seperti hutan primer dan sekunder atau malah justru di lahan lahan terbuka. Hasil analisa nya akan berupa dalam satuan numerik yang melambangkan tutupan lahan
- h. Index vegetasi, didapatkan dengan analisis lanjutan band band pada citra landsat 8, yaitu band 5 (NIR) dan band 4(Red). Vegetasi yang nantinya akan dipakai dalam analisis kesesuaian habitat yaitu NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), dan ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index). Beberapa index vegetasi ini memiliki sedikit perbedaan seperti pada SAVI menambahkan unsur kualitas tanah dalam analisis index vegetasi, dan ARVI yang mempertimbangkan keberadaan atmosfer, sehingga index vegetasinya akan semakin akurat. Dari beberapa index vegetasi ini nantinya akan dilihat yang mana yang paling mempengaruhi distribusi dan kesesuaian habitat raptor, walaupun perbedaan anatara ke 4 index vegetasi tidak begitu signifikan.
- i. Jarak dengan pemukiman, di dapatkan dengan analisis *euclidean distance* pada data shp pemukiman. Seringkali pemukiman mempengaruhi kualitas habitat suatu satwa, tetapi raptor merupakan salah satu satwa tipe edge species yang banyak beraktivitas disekitar tepi hutan, dan tepi hutan saat ini sudah banyak dijadikan pemukiman. Tetapi ada beberapa peneliti mengungkapkan bahwa distribusi raptor kini sudah bergeser kearah hutan primer dan sekunder dan tidak lagi berdekatan dengan manusia. Maka dari itu, perbedaan pendapat ini perlu dikaji lebih lanjut untuk mengetahui apakah semakin jauh dengan pemukiman populasi dan distribusinya akan semakin

melimpah, atau justru sebaliknya. Hasil analisa nya akan berupa dalam satuan meter

- j. Jarak dengan badan air, di dapatkan dengan analisis *euclidean distance* pada data shp badan air. Badan air banyak digunakan oleh raptor untuk berburu ikan yang menjadi salah satu satwa buruannya. Namun buruan raptor tidak hanya ikan melainkan juga mamalia kecil, dan beberapa spesies burung, dan aktivitas raptor tidak hanya berburu, tetapi ada juga yang bersarang dan berburu di hutan, Sehingga jarak dengan badan air apakah akan mempengaruhi, dan pengaruhnya pada jarak sejauh mana. Hasil analisa nya akan berupa dalam satuan meter
- k. Jarak dengan jalan, di dapatkan dengan analisis euclidean distance pada data shp jalan. Jalan yang menjadi data ialah jalan utama, dan bukan jalan jalan setapak seperti yang ada di hutan. Jarak dengan jalan perlu dianalisis untuk mengetahui apakah raptor cenderung memiliki kesesuaian habitat dekat dengan jalan atau sebaliknya, raptor cenderung menjauhi jalan, karena berhubungan dengan aktivitas antropogenik yang tinggi. Hasil analisa nya akan berupa dalam satuan meter

3.5. Analisis Data

3.5.1. Indeks Keanekaragaman, Kekayaan, Kemerataan, dan Kesamaan Jenis Raptor

Analisis keanekaragaman raptor menggunakan indeks keanekaragaman shannon wiener (Heip *et al.*, 1998) dengan rumus sebagai berikut:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Keterangan

H' : Indeks Shannon Wiener

p_i : $\frac{n_i}{N}$

n_i : Jumlah total individu dari spesies ke-i

N : Jumlah total seluruh individu

Analisis kekayaan raptor menggunakan indeks kekayaan jenis Margalef dengan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Keterangan

R : Indeks Kekayaan Jenis Maragalef

S : Jumlah Spesies yang ditemukan

N : Jumlah total seluruh individu

Analisis pemerataan raptor menggunakan indeks pemerataan jenis Pielou dengan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan

E : Indeks Kemerataan Jenis Magguran

H' : Indeks Keanekaragaman Jenis

S : Jumlah Spesies yang ditemukan

Analisis kesamaan jenis raptor menggunakan indeks kesamaan jenis Sorensen dengan rumus sebagai berikut:

$$Ss = \frac{2C}{A + B} \times 100\%$$

Keterangan

Ss : Indeks Kesamaan Jenis Sorensen

A/B : Jumlah spesies yang tercatat pada habitatA / B

C : Jumlah spesies yang ada pada kedua habitat

Tabel 1. Nilai yang menggambarkan kategori

No	Kategori	H'	R	E	Ss
1	Rendah	<1	<3,5	<0,3	0-40%
2	Sedang	1<H'<3	3,5<R<5	0,3<E<0,6	41-60%
3	Tinggi	>3	>5	>0,6	61-100%

3.5.2. Analisis distribusi spasial Raptor

Koreksi posisi sebenarnya raptor di lapangan perlu analisis lebih lanjut, yaitu data koordinat GPS deteksi raptor, azimuth, dan jarak antara pengamat dengan raptor dianalisis menggunakan tool Construct 2-Point Line pada fitur COGO di ArcGIS (Chen *et al.*, 2015). Data koordinat Raptor yang telah dikoreksi, kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8 dengan metode *kernel density estimation* untuk melihat distribusi spasial setiap jenis raptor (Worton, 1989). *Kernel density estimation* (KDE) mempunyai fungsi yang dinamakan fungsi gaussian untuk menggambarkan distribusi probabilitas kontinu di sekitar pusatnya. Fungsi gaussian digunakan sebagai kernel dalam KDE, yaitu fungsi matematis yang menyebarkan bobot dari setiap titik kemunculan secara halus ke sekitarnya. Setiap titik seolah memancar intensitas yang menyebar menurut kurva gaussian (Lin *et al.*, 2011).

3.5.3. Analisis kesesuaian habitat Raptor

Analisis kesesuaian habitat Raptor menggunakan pemodelan Maximum Entropy (MaxEnt). Model MaxEnt ini menggunakan data variabel lingkungan dan keberadaan satwa untuk menghasilkan prediksi kesesuaian habitat. Analisis MaxEnt dilakukan hanya pada 3 jenis raptor yang memiliki kelimpahan tertinggi dengan rumus kelimpahan (Herdiawan, 2019) sebagai berikut:

$$K = \frac{n_i}{N} \times 100\%$$

Keterangan

K : Indeks Kelimpahan Jenis

n_i : Jumlah total individu dari spesies ke-i

N : Jumlah total seluruh individu

Pengaturan (*setting*) sebelum dijalankannya MaxEnt akan di sesuaikan bootstrap dengan pembagian data testing sebesar 25% (*random tes percentage*) dari keseluruhan data training yang ada, 10 kali ulangan, dan 5000 interaksi , serta menyimpan pengaturan lainnya pada opsi standar. Setelah diatur, lalu akan ditekan

“run” untuk memproses Pemodelan pada maxEnt. Hasil akhir dari MaxEnt dirangkum dalam sebuah file HTML.

Maxent akan menganalisis tingkat keakuratan nya untuk mengevaluasi model dari maxent apakah layak untuk disajikan yaitu dengan matriks evaluasi ROC-AUC (*Receiver Operating Characteristic Area Under the Curve*). Nilai ROC-AUC memiliki rentang 0 - 1, semakin mendekati 1 maka model akan dianggap melalui evaluasi yang sangat baik, kurang dari 0.5 dianggap model tidak layak untuk digunakan, 0.5 – 0.7 dianggap model rendah, 0.7 – 0.9 dianggap model baik, dan lebih dari 0.9 dianggap model sangat baik (Araujo *et al.*, 2005).

Faktor lingkungan yang berpengaruh dianalisis menggunakan metode *Jackknife of training and test gain* yang merupakan hasil dari MaxEnt (Shcheglovitova and Anderson, 2013). Analisis *Jackknife of training and test gain*, Jika suatu variabel memiliki *gain* yang rendah, kurva respon variabel tersebut dapat diabaikan. Hasil persen kontribusi variabel lingkungan terhadap raptor, kemudian disajikan dalam kurva respon variabel yang memiliki kontribusi diatas 5% (Washaya *et al.*, 2025), dan asumsinya jika dibawah 5% tidak berpengaruh atau tidak memiliki kontribusi tinggi terhadap kesesuaian habitat raptor. Kurva respon dari setiap variabel yang berpengaruh kemudian diidentifikasi setiap variabel pada kondisi atau nilai berapa yang membuat kesesuaian habitat nya tinggi.

Untuk mendapatkan hasil yang berupa peta kesesuaian habitat raptor perlu dilakukan klasifikasi pada ArcGis dengan merubah format hasil MaxEnt ASCII kedalam Raster, kemudian diklasifikasi menjadi 2 kategori pada Tabel 2, Lalu hasil kesesuaian habitat tersebut dianalisa luasan setiap kategorinya menggunakan *calculate geometry*.

Tabel 2. Nilai yang mewakilkan kategori kesesuaian habitat (Manel *et al.*, 1999; Stockwell and Peterson, 2002; Putra *et al.*, 2023)

No	Kategori	Nilai
1	Tidak Sesuai	<0,5
2	Sesuai	>0,5

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan kesimpulan yang didapat sebagai berikut

1. Hasil identifikasi raptor di kawasan KPH Batutegi menunjukkan bahwa ditemukan 16 jenis raptor yang tergolong ke dalam tiga famili yaitu Falconidae, Pandionidae, dan Accipitridae dengan total 100 individu yang tersebar pada lokasi Waduk, Way Rilau, Rindingan, dan Agroforestri. Nilai indeks keanekaragaman raptor tertinggi terdapat pada Way Rilau ($H' = 1,77$) dan Waduk ($H' = 1,30$) yang terendah. Nilai indeks kekayaan jenis tertinggi terdapat pada Way Rilau ($R = 2,22$), dan Waduk ($R = 1,78$) yang terendah. Nilai kemerataan jenis tertinggi terdapat pada Way Rilau ($E = 0,91$) dan Waduk ($E = 0,67$) yang menunjukkan bahwa indeks biodiversitas tertinggi ada pada Way Rilau dan terendah ada pada waduk. Indeks kesamaan jenis Sørensen menunjukkan kesamaan tertinggi pada Rindingan dan Agroforestri (0,71) dan terendah pada Waduk dan Agroforestri (0,13).
2. Distribusi spasial Raptor di KPH Batutegi menunjukkan pola sebaran yang berbeda sesuai dengan preferensi habitat masing-masing spesies. Beberapa jenis raptor seperti elang gunung (*Nisaetus alboniger*) lebih banyak ditemukan pada kawasan berhutan di wilayah Rindingan, sedangkan elang tiram (*Pandion haliaetus*) lebih banyak ditemukan pada kawasan perairan di sekitar waduk. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi habitat, ketersediaan sumber pakan, serta karakteristik lingkungan mempengaruhi pola distribusi raptor pada kawasan penelitian.

3. Keberadaan raptor di lokasi penelitian menunjukkan adanya pengelompokan relung menjadi generalis dan spesialis dalam kajian Ekologi. Raptor spesialis yang memiliki kelimpahan lebih tinggi, yaitu elang gunung (*Nisaetus alboniger*) dan elang tiram (*Pandion haliaetus*), selanjutnya digunakan sebagai fokus dalam analisis kesesuaian habitat. Hasil analisis kesesuaian habitat menggunakan metode Maximum Entropy (MaxEnt) menunjukkan bahwa habitat yang sesuai bagi elang gunung (*Nisaetus alboniger*) pada blok inti Gunung Rindingan seluas 267,04 ha (15,16%), sedangkan habitat yang sesuai bagi Elang Tiram (*Pandion haliaetus*) di kawasan waduk seluas 457,48 ha (60,68%). Variabel lingkungan yang paling berpengaruh terhadap kesesuaian habitat elang gunung adalah kecepatan angin (33.8%), elevasi (29.4%), dan suhu (11.7%), sedangkan kesesuaian habitat elang tiram dipengaruhi oleh keberadaan tutupan lahan (50.2%), curah hujan (15.8%) dan jarak dengan pemukiman (13%).

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pengelola kawasan KPH Batutegi perlu memperhatikan keberadaan habitat penting bagi raptor, terutama kawasan hutan pegunungan dan area perairan waduk, karena kedua habitat tersebut memiliki peran penting dalam mendukung keberadaan beberapa spesies raptor.
2. Penelitian selanjutnya disarankan pengambilan data pada bagian tengah blok inti gunung rindingan, blok inti way sekampung, dan blok pemanfaatan secara menyeluruh pada bagian yang belum diteliti.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan jumlah titik pengamatan yang lebih banyak serta periode pengamatan yang lebih panjang, sehingga dapat menghasilkan data distribusi raptor yang lebih lengkap dan meningkatkan akurasi dalam pemodelan kesesuaian habitat.
4. Kajian lanjutan mengenai pergerakan raptor migran serta hubungan antara ketersediaan mangsa dan distribusi raptor juga perlu dilakukan untuk

memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai ekologi raptor pada kawasan KPH Batutegi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abtew, W., Moges, S. A., Meles, M., & Imru, M. 2021. River flow monitoring and data quality for equitable Nile water sharing. *Nile and Grand Ethiopian Renaissance Dam: Past, Present and Future*, 295-314.
- Achmad A, Sari L.H, Ramli I. 2019. A study of urban heat island of Banda Aceh City, Indonesia based on land use/cover changes and land surface temperature. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 8(1): 41-51.
- Adam, C. G. W., Naholo, S., Mendelsohn, J. M., & Stratford, K. J. 2024. Drinking and bathing behaviour of raptors in an arid, warm environment: Insights from a long-term camera trapping study in Namibia. *Namibian Journal of Environment*, 9(A):18-29.
- Adhikari, B., Bhandari, S., Baral, K., Lamichhane, S., & Subedi, S. C. 2022. Raptors at risk: Attributes of mortality within an anthropogenic landscape in the Mid-Hills region of Nepal. *Global Ecology and Conservation*, 38: e02258.
- Adisti, A. A., & Zulfikhar, R. 2021. Mengenal Berbagai Macam Burung di Indonesia. *Repository Jurnal Polbangtan Yoma*, 2(1): 1-33.
- 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.
- Aini, E. N., Ariestadi, D., & Rahayuningsih, T. 2023. Analisis kenyamanan termal ruang luar kawasan gedung kuliah bersama Universitas Negeri Malang menggunakan sistem informasi geografis. *Proceedings of Life and Applied Sciences*, 3: 1-11 .
- Alberto, J., & Hermanto, D. 2023. Klasifikasi jenis burung menggunakan metode CNN dan arsitektur ResNet-50. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, 10(3): 34-46.

- Amadon, D. & Bull, J. 1988. Hawks and owls of the world: a distributional and taxonomic list. *Western Foundation of Vertebrate Zoology Proceedings*, 3: 295–357.
- Almuna, R., Cruz, J. M., Vargas, F. H., & Ibarra, J. T. 2020. Landscapes of coexistence: generating predictive risk models to mitigate human-raptor conflicts in forest socio-ecosystems. *Biological Conservation*, 251, 108795.
- Andersen, D. E. 2007. Survey techniques. *Raptor research and management techniques*, 89-100.
- Anderson, R. P., & Raza, A. 2010. The effect of the extent of the study region on GIS models of species geographic distributions and estimates of niche evolution: preliminary tests with montane rodents (genus *Nephelomys*) in Venezuela. *Journal of biogeography*, 37(7): 1378-1393.
- Andrejeff, S., & Lehtikoinen, P. 2023. Bird Sounds Global: automated species recognition with machine learning. *Neotropical Birding*, 33: 53-58.
- Annisa, E., Anjani, A., Nurhasanah, N., Setiyowati, R. P., Cantika, A., Jannah, A. N., ... & Priyambodo, P. 2025. Indeks dominansi, keanekaragaman, dan kemerataan makrofauna di Bukit Umbul Kunci, Pesawaran, Lampung. *Haumeni Journal of Education*, 5(3): 197-212.
- Anwar, K., Darmawan, A., Dewi, B. S., & Fitriana, Y. R. 2023. Keanekaragaman amfibi di areal kelola agroforestri KPH Batutegi Kabupaten Tanggamus Lampung. *Makila*, 17(1): 26-44.
- Araújo, M. B., Pearson, R. G., Thuiller, W., & Erhard, M. 2005. Validation of species–climate impact models under climate change. *Global change biology*, 11(9): 1504-1513.
- Arifin, Z., Ardhi, M. W., & Dewi, N. K. 2020. Penyusunan ensiklopedia berbasis keanekaragaman burung di kawasan Situs Mangiran Saradan Kabupaten Madiun. In *Prosiding Seminar Nasional Simbiosis*, 5: 190-220.
- 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): 179-189.
- Ashari, R., Kurniawan, A., Nurjannah, S., & Yahya, F. 2024. Keragaman jenis burung di Kawasan Pengamatan Burung Bidadari Kali Batu Putih, Halmahera Barat, Maluku Utara. *Makila*, 18(2): 297-310.
- Ashcroft, M. B., Casanova-Katny, A., Mengersen, K., Rosenstiel, T. N., Turnbull, J. D., Wasley, J., ... & Robinson, S. A. 2016. Bayesian methods for

comparing species physiological and ecological response curves. *Ecological Informatics*, 34, 35-43.

- Ayuningtyas, F., & Prasetyo, S. Y. J. 2020. Pemanfaatan teknologi machine learning untuk klasifikasi wilayah risiko kekeringan di Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan citra landsat 8 operational land imager (OLI). *Jurnal Transformatika*, 18(1): 13-24.
- Azriel, M. 2023. *Pemodelan habitat dan persebaran rangkong badak (Buceros rhinoceros, linnaeus 1758) di Hutan Lindung Batutegi, Provinsi Lampung*. Skripsi. Universitas Nasional.
- Bahtiar, R., Wijayanto, Y., Budiman, S. A., & Saputra, T. W. 2022. Perbedaan karakteristik sebaran spasial hujan di Kabupaten Jember menggunakan metode Inverse Distance Weighted (IDW) dan Poligon Thiessen. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 5(1): 1-5.
- Bai, M. L., Schmidt, D., Gottschalk, E., & Mühlenberg, M. 2009. Distribution pattern of an expanding Osprey (*Pandion haliaetus*) population in a changing environment. *Journal of Ornithology*, 150(1): 255-263.
- Barasa, F. N. 2022. *Maximum Entropy Modelling of Parthenium Hysterophorus L. Under Current and Projected Climate Change Within the Maasai Mara Ecosystem*. Doctoral dissertation, University of Nairobi.
- Beers, C. E., J. de Freitas, P. Ketner. 1997. *Landscape ecological map of the island of Curaçao, Netherlands Antilles*. Foundation for Scientific Research in the Caribbean Region 138.
- Bibby, C. J., N. D. Burgess, D. A. Hill, S. H. Mustoe. 2000. *Bird census techniques* 2nd ed. London: Academic Press.
- Bildstein, K. L., Schelsky, W., Zalles, J., & Ellis, S. 1998. Conservation status of tropical raptors. *Journal of raptor research*, 32, 3-18.
- BirdLife International. 2017. *Nisaetus bartelsi* (amended version of 2016 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2017: e.T22696165A110050373. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-1.RLTS.T22696165A110050373.en>. Accessed on 09 September 2025.
- BirdLife International. 2024. Species factsheet: Flores Hawk-eagle *Nisaetus floris*. Downloaded from <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/flores-hawk-eagle-nisaetus-floris> on 09/09/2025
- Boal, C. W., Bibles, B. D., & Gicklhorn, T. S. 2023. Patterns of water use by raptors in the Southern Great Plains. *Journal of Raptor Research*, 57(3): 444-455.

- Bodo, T., Gimah, B. G., & Seomoni, K. J. 2021. Deforestation and habitat loss: Human causes, consequences and possible solutions. *Journal of Geographical Research*, 4(2): 22-30.
- Bourne, A. R., Cunningham, S. J., Spottiswoode, C. N., & Ridley, A. R. 2020. High temperatures drive offspring mortality in a cooperatively breeding bird. *Proceedings of the Royal Society B*, 287(1931): 20201140.
- Bradfer-Lawrence, T., Bunnefeld, N., Gardner, N., Willis, S. G., & Dent, D. H. 2020. Rapid assessment of avian species richness and abundance using acoustic indices. *Ecological Indicators*, 115: 106400.
- Brambilla, M., Bassi, E., Ceci, C., & Rubolini, D. 2010. Environmental factors affecting patterns of distribution and co-occurrence of two competing raptor species. *Ibis*, 152(2): 310-322.
- Brink, R. 2020. *How well do buffer circles capture the ranging behaviours of territorial raptors?*. Thesis. University Cape Town
- Brown, J. L., Collopy, M. W., & Smallwood, J. A. 2014. Habitat fragmentation reduces occupancy of nest boxes by an open-country raptor. *Bird Conservation International*, 24(3): 364-378.
- Bustamante, J., & Seoane, J. 2004. Predicting the distribution of four species of raptors (Aves: Accipitridae) in southern Spain: statistical models work better than existing maps. *Journal of Biogeography*, 31(2): 295-306.
- Butet, A., Rantier, Y., & Bergerot, B. 2022. Land use changes and raptor population trends: A twelve-year monitoring of two common species in agricultural landscapes of Western France. *Global Ecology and Conservation*, 34, e02027.
- Cahyana, A. N., Hernowo, J. B., & Prasetyo, L. B. 2015. Pemodelan spasial kesesuaian habitat elang jawa (*Nisaetus bartelsi* Stresemann, 1924) di Taman Nasional gunung Halimun-Salak. *Media Konservasi*, 20(3).
- Cahyani, A. R., Khalifah, I., Anilah, N. G., Chaerunisa, R., & Wahyuni, I. 2022. Keanekaragaman aves di Hutan Kota Serang Banten. *Bioma: Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, 7(2): 145-159.
- Çakar, B., Bulut, E. Ç., Kahvecioglu, O., Günay, E., Ruzhanova-Gospodinova, I. S., & Szara, T. 2024. Bill shape variation in selected species in birds of prey. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 53(4): e13085.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V. Jackson, R. B., & Wulandari, D. T. 2010. *Biologi*, Edisi Kedelapan Jilid 3. Jakarta: Erlangga.

- Canney, A. C., McGough, L. M., Bickford, N. A., & Wallen, K. E. 2021. Systematic map of human–raptor interaction and coexistence research. *Animals*, 12(1): 45.
- Cauli, F., Audisio, P., Petretti, F., & Chiatante, G. 2021. Habitat suitability and nest-site selection of short-toed eagle *Circus gallicus* in Tolfa Mountains (Central Italy). *Journal of Vertebrate Biology*, 70(2): 21014-1.
- Chen, B., Zhu, D., Zhang, R., & Liu, Y. 2015. The application of ArcGIS in error evaluation of PBN flight procedures route parameters. In *2015 International conference on Applied Science and Engineering Innovation*, 893-896.
- Chen, J., Chen, S., Fu, R., Li, D., Jiang, H., Wang, C., ... & Hicks, B. J. 2022. Remote sensing big data for water environment monitoring: Current status, challenges, and future prospects. *Earth's Future*, 10(2): e2021EF002289.
- Chiatante, G., & Panuccio, M. 2021. Environmental factors affecting the wintering raptor community in Armenia, Southern Caucasus. *Community Ecology*, 22(1): 79-92.
- Cho, Y. S., Jun, J. H., Kim, J. A., Kim, H. M., Chung, O ... & Bhak, J. 2019. Raptor genomes reveal evolutionary signatures of predatory and nocturnal lifestyles. *Genome biology*, 20(1): 181.
- Clark, W. S., P. F. D. Boesman, and J. S. Marks. 2020. *Blyth's Hawk-Eagle (Nisaetus alboniger)*, version 1.0. In *Birds of the World* (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, and E. de Juana, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA.
- Crausbay, S. D., & Martin, P. H. 2016. Natural disturbance, vegetation patterns and ecological dynamics in tropical montane forests. *Journal of tropical ecology*, 32(5), 384-403.
- Crawford, R. E., & Long, J. A. 2017. Habitat preferences of juvenile Scottish Ospreys *Pandion haliaetus* at stopover and wintering sites. *Ringed & Migration*, 32(1), 1-18.
- De Freitas, J. A., B. S. J. Nijhof, A. C. Rojer, A. O. Debrot. 2005. *Landscape ecological vegetation map of the island of Bonaire (southern Caribbean)*. Willemstad and Amsterdam: Caribbean Research and Management of Biodiversity Foundation, and Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences.
- De Kort, H., Baguette, M., Lenoir, J., & Stevens, V. M. 2020. Toward reliable habitat suitability and accessibility models in an era of multiple environmental stressors. *Ecology and Evolution*, 10(20): 10937-10952.

- Del Corso, M., & Smallwood, J. A. 2023. The effect of local weather conditions on American Kestrel (*Falco sparverius*) reproduction. *Journal of Raptor Research*, 57(2): 201-209.
- Demerdzhiev, D., Dobrev, D., Popgeorgiev, G., & Stoychev, S. 2022. Landscape alteration affects the demography of an endangered avian predator by reducing the habitat quality. *Avian Research*, 13: 100030.
- Dénes, F. V., Solymos, P., Lele, S., Silveira, L. F., & Beissinger, S. R. 2017. Biome-scale signatures of land-use change on raptor abundance: insights from single-visit detection-based models. *Journal of Applied Ecology*, 54(4): 1268-1278.
- Denton, T., Wisdom, S., & Hershey, J. R. 2022. Improving bird classification with unsupervised sound separation. In *ICASSP 2022-2022 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. 636-640.
- Dishut Provinsi lampung. 2013. Rencana pengelolaan hutan jangka panjang kesatuan pengelolaan hutan lindung (RPHJP KPHL) model Batutegi Provinsi Lampung tahun 2014-2023. Tanggamus: Kesatuan Peneglolaan Hutan Batutegi
- Djorgova, N., Ragyov, D., Biserkov, V., Biserkov, J., & Nikolov, B. P. 2021. Habitat preferences of diurnal raptors in relation to human access to their breeding territories in the Balkan Mountain Range, Bulgaria. *Avian Research*, 12(1): 29.
- Donázar, J. A., Cortés-Avizanda, A., Fargallo, J. A., Margalida, A., Moleón, M., Morales-Reyes, Z., ... & Serrano, D. 2016. Roles of raptors in a changing world: from flagships to providers of key ecosystem services. *Ardeola*, 63(1): 181-234.
- Eaton, J. A., Van Balen, B., Brickle, N. W., & Rheindt, F. E. 2022. *Birds of the Indonesian Archipelago. Greater Sundas and Wallacea*. Lynx Edicions, Barcelona
- Ekajaya, R. K., Endlessa, C., Salsabila, A. P., Ningrum, S. R. R., & Hidayat, T. 2023. Klasifikasi Accipitriformes dan Falconiformes Berdasarkan Penanda DNA Parsial Cytochrome Oxidase 1 (CO1) secara In Silico. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 8(3): 148-158.
- Escribano- Avila, G., Lara- Romero, C., Heleno, R., & Traveset, A. 2018. Tropical seed dispersal networks: Emerging patterns, biases, and keystone species traits. In W. Dáttilo & V. Rico- Gray (Eds.), *Ecological networks in the tropics*. Springer. 93-110.

- Estellés-Domingo, I., & López-López, P. 2024. Effects of wind farms on raptors: A systematic review of the current knowledge and the potential solutions to mitigate negative impacts. *Animal Conservation*.
- Fahreza, F. D., Aulia, A., Fauzan, F. S., Somantri, L., & Ridwana, R. 2022. Pemanfaatan Citra sentinel-2 dengan metode ndvi untuk perubahan kerapatan vegetasi mangrove di kabupaten Indramayu. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 10(2): 155-165.
- Faizzikri, A. 2023. *Pola Hunian Satwa Felidae Berdasarkan Kondisi Lingkungan Di Kawasan Hutan Lindung Batutegi Provinsi Lampung*. Skripsi, Universitas Nasional.
- Fargallo, J. A., Navarro-López, J., Palma-Granados, P., & Nieto, R. M. 2020. Foraging strategy of a carnivorous-insectivorous raptor species based on prey size, capturability and nutritional components. *Scientific Reports*, 10(1): 7583.
- Ferrer-Sánchez, Y., & Rodríguez-Estrella, R. 2015. Man-made environments relationships with island raptors: endemics do not cope with habitat changes, the case of the island of Cuba. *Biodiversity and Conservation*, 24: 407-425.
- Fuller, M. R., & Mosher, J. A. 1981. Methods of detecting and counting raptors: a review. *Studies in avian biology*, 6(1): 52.
- Gagarin, Y., Abdullah, A., Khairil, K., Djufri, D., & Supriatno, S. 2021. Analysis of habitat suitability of birds family Accipitridae in the forest park of Pocut Meurah Intan. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 922(1): 012056. IOP Publishing.
- Galipeau, P., Franke, A., Leblond, M., & Bêty, J. 2019. Multi-scale selection models predict breeding habitat for two Arctic-breeding raptor species. *Arctic Science*, 6(1): 24-40.
- Gao, L., Wang, X., Johnson, B. A., Tian, Q., Wang, Y., Verrelst, J., ... & Gu, X. 2020. Remote sensing algorithms for estimation of fractional vegetation cover using pure vegetation index values: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 159: 364-377.
- García, D., Zamora, R., & Amico, G. C. 2011. The spatial scale of plant–animal interactions: effects of resource availability and habitat structure. *Ecological Monographs*, 81(1): 103-121.
- García-Macía, J., Torralvo, C. A., Elias, G., Tomás, J. F., Ferrer, M. A., & Morandini, V. 2025. Climate, habitat availability and human activity shape the wintering distribution of an increasing migratory piscivorous raptor within the Mediterranean basin. *Ibis*.

- Garcia-Quintas, A., Roy, A., Barbraud, C., Demarcq, H., Denis, D., & Lanco Bertrand, S. 2023. Machine and deep learning approaches to understand and predict habitat suitability for seabird breeding. *Ecology and Evolution*, 13(9): e10549.
- Godinez, J. E. A. 2024. *A comparative analysis of Merlin and BirdNet applications for accurate bird species identification through passive acoustic monitoring*. Master's thesis. University of South-Eastern Norway.
- Guillaumet, A., & Russell, I. J. 2022. Bird communities in a changing world: the role of interspecific competition. *Diversity*, 14(10): 857.
- Gunawan, Z., Pramono, H., Djamaludin, Y., Hardina, K., Mulyati, S., & Kuswandono, K. I. 2017. Release of confiscated raptors in Indonesia by Suaka Elang (Raptor Sanctuary): protocols and progress to date. *Birding ASIA*, 27: 88-93.
- Hager, S. B. 2009. Human-related threats to urban raptors. *Journal of Raptor Research*, 43(3): 210-226.
- Harris, E., de Crom, E. P., Fouche, J., & Wilson, A. 2020. Comparative study on the short-term effects of audio and visual raptor presence on a pigeon population, with a view towards pest control. *International Journal of Pest Management*, 66(1): 31-39.
- Harl, J., Himmel, T., Valkiūnas, G., Ilgūnas, M., Nedorost, N., Matt, J., ... & Weissenböck, H. 2022. Avian haemosporidian parasites of accipitriform raptors. *Malaria Journal*, 21: 1-38.
- HawkWatch International. 2023. Raptor Vocab 101: Anatomy. Raptor Vocab 101: Anatomy – HawkWatch International.
- Headland, T., Colombelli-Négrel, D., Callaghan, C. T., Sumasgutner, S. C., Kleindorfer, S., & Sumasgutner, P. 2023. Smaller Australian raptors have greater urban tolerance. *Scientific Reports*, 13(1): 11559.
- Heip., Carlo, H. R., Peter, M. J. H. & Soetart, K. 1998. Indices Diversity and Evenness. *Oceana*, 24: 61-87.
- Herdiawan, B., M. M. Mubarak., R. Ambarwati & K.N. Prasetya. 2019. Status Konservasi Burung Pada Resort Coban Trisula Dan Blok Ireng-Ireng, Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. *SIMBIOSA*, 8(1): 70-84.
- Herfindal, I., van de Pol, M., Nielsen, J. T., Sæther, B. E., & Møller, A. P. 2015. Climatic conditions cause complex patterns of covariation between demographic traits in a long-lived raptor. *Journal of Animal Ecology*, 84(3): 702-711.

- Huda, R., 2022. *Burung liar kawasan hutan KPH Batutegi, Lampung*. IAR Indonesia. Bogor
- Huda, R., Subagio, A., Sanchez, K. L., Moore, R., & Aryanto, D. 2024. Camera Trap Records of Sumatran Striped Rabbits (*Nesolagus netscheri*) in Batutegi Protection Forest, Lampung, Indonesia. *Media Konservasi*, 29(4): 518-518.
- Hurtado, C. M., & Burton, A. C. 2022. Using habitat suitability information from across a species range to inform understudied ecosystems. *Journal of Mammalogy*, 103(4): 814-825.
- Ibrahim, A., Yosa, M. P., Ridwana, R., Alaqil, M. L., & Somantri, L. 2023. Pemanfaatan metode msarvi untuk menghitung indeks kerapatan vegetasi menggunakan citra sentinel 2a di Desa Cihanjuang Kecamatan Parongpong Kabupaten Bandung Barat. *Jurnal Geospasial, Penginderaan Jauh, dan Survei (GPS)*, 1(1): 31-37.
- Idfi, G. 2021. Pengembangan Peta Evapotranspirasi Wilayah Malang Raya Dengan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(1): 1-8.
- Iswandaru, D., Nugraha, G., Iswanto, A. D. D., Fitriana, Y. R., & Webliana, K. 2022. Between hopes and threats: New migratory birds records on the Sawala Mandapa Education and Training Forest, Indonesia. *Forest and Society*, 6(1): 469-488.
- Jain, D., Areendran, G., Raj, K., Gupta, V. D., & Sahana, M. 2021. Comparison of AHP and maxent model for assessing habitat suitability of wild dog (*Cuon alpinus*) in Pench Tiger Reserve, Madhya Pradesh. *Spatial Modeling in Forest Resources Management: Rural Livelihood and Sustainable Development*, 327-363.
- Jankowski, J. E., Merkord, C. L., Rios, W. F., Cabrera, K. G., Revilla, N. S., & Silman, M. R. 2013. The relationship of tropical bird communities to tree species composition and vegetation structure along an Andean elevational gradient. *Journal of Biogeography*, 40(5): 950-962.
- Jarvis, A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara. 2008. Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database: <https://srtm.csi.cgiar.org>.
- Johnson, T. N., Nasman, K., Wallace, Z. P., Olson, L. E., Squires, J. R., Nielson, R. M., & Kennedy, P. L. 2019. Survey design for broad-scale, territory-based occupancy monitoring of a raptor: Ferruginous hawk (*Buteo regalis*) as a case study. *Plos one*, 14(3): e0213654.

- Jones, M. P., & Heidenreich, B. 2021. Behavior of birds of prey in managed care. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*, 24(1): 153-174.
- Jones, G. C. A., Woods, D., Broom, C. M., Panter, C. T., Sutton, L. J., Drewitt, E. J. A., & Fathers, J. 2024. Fine-Scale Spatial Variation in Eurasian Kestrel *Falco tinnunculus* Diet in Southern England Revealed from Indirect Prey Sampling and Direct Stable Usotope Analysis. *Ardea*, 112(1): 129-141.
- Kämpfer, S., Engel, E., & Fartmann, T. 2022. Weather conditions determine reproductive success of a ground-nesting bird of prey in natural dune grasslands. *Journal of Ornithology*, 163(4): 855-865.
- Katzner, T. E., Brandes, D., Miller, T., Lanzone, M., Maisonneuve, C., Tremblay, J. A., ... & Merovich Jr, G. T. 2012. Topography drives migratory flight altitude of golden eagles: implications for on-shore wind energy development. *Journal of Applied Ecology*, 49(5): 1178-1186.
- Kerlinger, P., & Moore, F. R. 1989. Atmospheric structure and avian migration. In *Current ornithology*, 109-142.
- Kim, E. H., Hitchmough, J. D., Cameron, R. W., Bahn, V., & Schrodtt, F. 2025. Relating Habitat Suitability and Survival Rates in a Phylogenetic Framework. *Ecology and Evolution*, 15(3): e71030.
- Klaassen, R. H. G., Hake, M., Strandberg, R., Alerstam, T. 2011. Geographical and temporal flexibility in the response to crosswinds by migrating raptors. *Proc RsocLondB* 278: 1339–1346.
- Kloepper, L., Taylor, G., Domski, P., Vanderelst, D., Eveland, K., & Stevenson, R. 2024. HawkEar: a bird-borne visual and acoustic platform for eavesdropping the behavior of mobile animals. *Methods in Ecology and Evolution*, 15(7): 1150-1157.
- Kraemer, B. M., Pilla, R. M., Woolway, R. I., Anneville, O., Ban, S., Colom-Montero, W., ... & Adrian, R. 2021. Climate change drives widespread shifts in lake thermal habitat. *Nature Climate Change*, 11(6): 521-529.
- Kujala, I., Pöysä, H., & Korpimäki, E. 2024. Interactive effects of agricultural landscape heterogeneity and weather conditions on breeding density and reproductive success of a diurnal raptor. *Ecology and Evolution*, 14(3): e11155.
- Kumar, S., Sohil, A., Kichloo, M. A., & Sharma, N. 2022. Landscape heterogeneity affects diurnal raptor communities in a sub-tropical region of northwestern Himalayas, India. *Plos one*, 17(4): e0246555.

- Lanzone, M. J., Miller, T. A., Turk, P., Brandes, D., Halverson, C., Maisonneuve, C., ... & Katzner, T. 2012. Flight responses by a migratory soaring raptor to changing meteorological conditions. *Biology Letters*, 8(5): 710-713.
- Leveau, L. M., Gorleri, F. C., Roesler, I., & González-Táboas, F. 2022. What makes an urban raptor?. *Ibis*, 164(4): 1213-1226.
- Liang, X., Liu, M., Ying, C., & Zhang, Z. 2022. Myological variation in the hindlimb of three raptorial birds in relation to foraging behavior. *Avian Research*, 13: 100053.
- Lidour, K., & Beech, M. J. (2020). The diet of osprey *Pandion haliaetus* on Marawah Island (Abu Dhabi Emirate, United Arab Emirates) and its implications for the study of archaeological assemblages. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 33, 102532.
- Lima, A. R., Baltazar-Soares, M., Garrido, S., Riveiro, I., Carrera, P., Piecho-Santos, A. M., ... & Silva, G. 2022. Forecasting shifts in habitat suitability across the distribution range of a temperate small pelagic fish under different scenarios of climate change. *Science of the Total Environment*, 804: 150167.
- Limiñana, R., Romero, M., Mellone, U., & Urios, V. 2013. Is there a different response to winds during migration between soaring and flapping raptors? An example with the Montagu's harrier and the lesser kestrel. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 67(5): 823-835.
- Lin, Y. P., Chu, H. J., Wu, C. F., Chang, T. K., & Chen, C. Y. 2011. Hotspot analysis of spatial environmental pollutants using kernel density estimation and geostatistical techniques. *International journal of environmental research and public health*, 8(1): 75-88.
- Mackrill, T. 2024. *The Osprey*. United Kingdom: Bloomsbury Publishing.
- Madden, K. K., Rozhon, G. C., & Dwyer, J. F. 2019. Conservation letter: raptor persecution. *Journal of Raptor Research*, 53(2): 230-233.
- Mafuwe, K., Broadley, S., & Moyo, S. 2022. Use of maximum entropy (Maxent) niche modelling to predict the occurrence of threatened freshwater species in a biodiversity hotspot of Zimbabwe. *African Journal of Ecology*, 60(3): 557-565.
- Magdalina, I., & Roziqin, A. 2021. Pemanfaatan Citra Sentinel-2A untuk Kerapatan Vegetasi Ditinjau dari Kemiringan Lereng di Pulau Batam. *ABEC Indonesia*, 9: 811-827.

- Mak, B., Francis, R. A., & Chadwick, M. A. 2021. Living in the concrete jungle: A review and socio-ecological perspective of urban raptor habitat quality in Europe. *Urban Ecosystems*, 24(6): 1179-1199.
- Malik, H. N., Rahman, D. A., Setiawan, Y., & Huda, R. 2024. Mapping habitat suitability and connectivity for the Sunda clouded leopard (*Neofelis diardi*) in Batutegi Protected Forest, Lampung, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 25(5): 2249-2256
- Manel, S., Dias, J. M., Ormerod, S. J. 1999. Comparing discriminant analysis, neural networks and logistic regression for predicting species distributions: A case study with a Himalayan river bird. *Ecological Modelling*, 120(2-3): 337-347.
- MaMing, R., & Xu, G. 2015. Status and threats to vultures in China. *Vulture News*, 68(1): 3-24.
- Mariyappan, M., Rajendran, M., Velu, S., Johnson, A. D., Dinesh, G. K., Solaimuthu, K., ... & Sankar, M. 2023. Ecological role and ecosystem services of birds: a review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(6): 76-87.
- Martínez-Ruiz, M. 2021. Habitat use and selection by the Collared Forest-Falcon (*Micrastur semitorquatus*) in the tropical rainforest of Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Mexico. *Journal of Raptor Research*, 55(2): 201-210.
- Martínez-Ruiz, M., Dykstra, C. R., Booms, T. L., & Henderson, M. T. 2023. Conservation letter: Effects of global climate change on raptors. *Journal of Raptor Research*, 57(1): 92-105.
- Mather, E. K., Lee, M. S., Camens, A. B., & Worthy, T. H. 2023. A giant raptor (Aves: Accipitridae) from the Pleistocene of southern Australia. *Journal of Ornithology*, 164(3): 499-526.
- McCaslin, H. M., Caughlin, T. T., & Heath, J. A. 2020. Long-distance natal dispersal is relatively frequent and correlated with environmental factors in a widespread raptor. *Journal of Animal Ecology*, 89(9): 2077-2088.
- McClure, C. J., Dunn, L., Buechley, E. R., Juergens, P., Oleyar, D., Goodrich, L. J., & Therrien, J. F. 2022. Conservation assessment of raptors within the USA and Canada. *Biological Conservation*, 272: 109633.
- Mindell, D. P., Fuchs, J., & Johnson, J. A. 2018. Phylogeny, taxonomy, and geographic diversity of diurnal raptors: Falconiformes, Accipitriformes, and Cathartiformes. *Birds of Prey: Biology and conservation in the XXI century*, 3-32.

- Miranda, E. B., Menezes, J. F. S., Farias, C. C., Munn, C., & Peres, C. A. 2019. Species distribution modeling reveals strongholds and potential reintroduction areas for the world's largest eagle. *PloS one*, 14(5): e0216323.
- Miranda, E. B., Peres, C. A., Carvalho-Rocha, V., Miguel, B. V., Lormand, N., Huizinga, N., ... & Downs, C. T. 2021. Tropical deforestation induces thresholds of reproductive viability and habitat suitability in Earth's largest eagles. *Scientific Reports*, 11(1): 13048.
- Monroe, B. L., & Sibley, C. G. 1997. *A world checklist of birds*. Yale University Press.
- Moore, B. A., & Montiani-Ferreira, F. 2022. Ophthalmology of Accipitrimorphae, Strigidae, and Falconidae: hawks, eagles, vultures, owls, falcons, and relatives. In *Wild and Exotic Animal Ophthalmology* 1: 429-504.
- Movalli, P., Krone, O., Osborn, D., & Pain, D. 2018. Monitoring contaminants, emerging infectious diseases and environmental change with raptors, and links to human health. *Bird Study*, 65(1): 96-109.
- Murgatroyd, M., Photopoulou, T., Underhill, L. G., Bouten, W., & Amar, A. 2018. Where eagles soar: Fine-resolution tracking reveals the spatiotemporal use of differential soaring modes in a large raptor. *Ecology and Evolution*, 8(13): 6788-6799.
- Murgatroyd, M., Bouten, W., & Amar, A. 2021. A predictive model for improving placement of wind turbines to minimise collision risk potential for a large soaring raptor. *Journal of Applied Ecology*, 58(4): 857-868.
- Mustofa., Syartinilia., Arifin, H. S. 2018. Model spasial distribusi habitat orangutan kalimantan (*Pongo pygmaeus wurmbii*) menggunakan logistik regresi di DAS Katingan. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 10(4): 627-638.
- Nägeli, M., Scherler, P., Witczak, S., Catitti, B., Aebischer, A., van Bergen, V., ... & Gruebler, M. U. 2022. Weather and food availability additively affect reproductive output in an expanding raptor population. *Oecologia*, 198 1-14.
- Nagy, J., Végvári, Z., & Varga, Z. 2017. Life history traits, bioclimate, and migratory systems of accipitrid birds of prey (Aves: Accipitriformes). *Biological Journal of the Linnean Society*, 121(1): 63-71.
- Naniwadekar, R., Chaplod, S., Datta, A., Rathore, A., & Sridhar, H. 2019. Large frugivores matter: Insights from network and seed dispersal effectiveness approaches. *Journal of Animal Ecology*, 88: 1250-1262.

- Natsukawa, H. 2020. Raptor breeding sites as a surrogate for conserving high avian taxonomic richness and functional diversity in urban ecosystems. *Ecological Indicators*, 119: 106874.
- Naves-Alegre, L., García-Mayoral, H., Morant, J., Pérez-García, J. M., Dias, A., Cano-Montes, E., ... & García-Matarranz, V. 2025. Differential flight responses of sympatric raptor species to weather conditions and extreme temperature events. *Ecology and Evolution*, 15(2): e70658.
- Nayasilana, I. N. 2020. The suburban forest as a habitat of eagles (Accipitridae): a case study in Gunung Bromo University Forest, Karanganyar, Central Java, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 590(1): 012007. IOP Publishing.
- Newbold, T., Oppenheimer, P., Etard, A., & Williams, J. J. 2020. Tropical and Mediterranean biodiversity is disproportionately sensitive to land-use and climate change. *Nature Ecology & Evolution*, 4(12): 1630-1638.
- Nijman, V. 2001. Autumn migration of raptors on java, indonesia: Composition, direction and behaviour. *Ibis*, 143(1): 99–106.
- Nijman, V. 2004. Magnitude and timing of migrant raptors in central Java, Indonesia. *Ardea*, 92(2): 161-168.
- Nijman, V. 2006. The endemic Bawean serpent-eagle *Spilornis baweanus* : habitat use, abundance, and conservation. *Bird Conserv. Intern* , 16: 131-142.
- Nijman, V. 2018. Observations of spring raptor migration at Palenque, Mexico. *Journal of Raptor Research*, 52(2): 263-265.
- Nord, A., & Giroud, S. 2020. Lifelong effects of thermal challenges during development in birds and mammals. *Frontiers in Physiology*, 11: 419.
- Nugraha, A. S. A., & Citra, I. P. A. 2021. Perbandingan Metode Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) dan Forest Canopy Density (FCD) untuk Identifikasi Tutupan Vegetasi (Kasus; Area Pembuatan Jalan Baru Singaraja-Mengwi). *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 18(1): 1-8.
- Nurdin, N., Kosasih, D., Supartono, T., Ghojali, N. M., & Rahardian, H. 2021. Keanekaragaman jenis dan karakteristik habitat burung di Ekosistem Mangrove Indramayu. *Logika: Jurnal Penelitian Universitas Kuningan*, 12(02): 130-140.
- Nurfalaq, A., Manrulu, R. H., Muis, I., Jumardi, A., Iriansa, I., & Putri, I. K. 2024. analisis kemiringan lereng DAS Suso menggunakan data digital elevation model. *Applied Physics of Cokroaminoto Palopo*, 5(1): 1-4.

- Nurhijriah, L., Ruhiyat, Y., & Rostikawati, D. A. 2022. Pemetaan distribusi curah hujan rata-rata menggunakan Metode Isohyet Di Wilayah Kabupaten Tangerang. *Newton-Maxwell Journal of Physics*, 3(2): 46-55.
- Nursamsi, I., Partasasmita, R., Cundaningsih, N., & Ramadhani, H. S. 2018. Modeling the predicted suitable habitat distribution of Javan hawk-eagle *Nisaetus bartelsi* in the Java Island, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(4): 1539-1551.
- O'Bryan, C. J., Allan, J. R., Suarez-Castro, A. F., Delsen, D. M., Buij, R., McClure, C. J., ... & Kissling, W. D. 2022. Human impacts on the world's raptors. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10: 624896.
- Ong, L., McConkey, K. R., & Campos-Arceiz, A. 2022. The ability to disperse large seeds, rather than body mass alone, defines the importance of animals in a hyper-diverse seed dispersal network. *Journal of Ecology*, 110(2): 313-326.
- Oro, D., Sanz-Aguilar, A., Carbonell, F., Grajera, J., & Torre, I. 2021. Multi-species prey dynamics influence local survival in resident and wintering generalist predators. *Oecologia*, 197(2): 437-446.
- Pande, S., Yosef, R., Morelli, F., Pawar, R., & Mone, R. 2018. Diet and habitat affinities in six raptor species in India. *Avian Research*, 9(1): 36.
- Pavoine, S., & Bonsall, M. B. 2011. Measuring biodiversity to explain community assembly: a unified approach. *Biological Reviews*, 86(4): 792-812.
- Pereira, C. E. B., dos Santos, A. M., & Uejima, A. M. K. 2024. Analysis of the prior knowledge of students about the ecological importance of vultures. *Research, Society and Development*, 13(5): e3813544275-e3813544275.
- Pecsics, T., Laczi, M., Nagy, G., KoNdor, T., & Csörgő, T. 2019. Analysis of skull morphometric characters in diurnal raptors (Accipitriformes and Falconiformes). *Ornis Hungarica*, 27(1): 117-131
- Pertiwi, H. J., Alkatiri, A. B., Lestari, H., Mandasari, S., Almaidah, A., Yanto, M., ... & Fitriana, N. 2021. Keanekaragaman jenis burung di Cagar Alam Pulau Dua, Banten. *Biosel Biology Science And Education*, 10(1): 55-70.
- Peterson, A. C., Niemi, G. J., & Johnson, D. H. 2015. Patterns in diurnal airspace use by migratory landbirds along an ecological barrier. *Ecological Applications*, 25(3): 673-684.
- Phillips, S. J., & Dudík, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2): 161-175.

- Piana, R. P., & Marsden, S. J. 2012. Diversity, community structure, and niche characteristics within a diurnal raptor assemblage of northwestern Peru. *The Condor*, 114(2): 279-289.
- Potier, S. 2020. Visual adaptations in predatory and scavenging diurnal raptors. *Diversity*, 12(10): 400.
- Potier, S., Mitkus, M., & Kelber, A. 2020. Visual adaptations of diurnal and nocturnal raptors. In *Seminars in cell & developmental biology* 106:116-126.
- Prabowo, D. N., Bakri, S., Herwanti, S., & Setiawan, A. 2019. Kelayakan produktivitas biji kopi melalui perancangan silvikultur secara ekologis: studi di areal konsesi hkm KPHL Batutegi Lampung. *Jurnal Hutan Tropis*, 7(1): 53-63
- Purwanto, A. A., Rakhman, Z., Supriatna, A. A., Sutito, A. S. B., & Srirejeki, I. 2015. Current information on migratory raptors and its conservation efforts in Indonesia. *Asian raptors*, 1(9): 54-62.
- Putra, A. D. 2023. *Keanekaragaman Jenis Burung di Kawasan Sekitar Areal Pembangunan Wind Turbine Di Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan= Bird Species Diversity in Areas Surrounding Wind Turbine Development Areas in Pinrang District South Sulawesi*. Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin.
- Putra, I. D. P., Syartinilia., & Mulyani, Y. A. 2023. Habitat distribution models of flores hawk-eagle (*Nisaetus floris*) in East Nusa Tenggara. *Media Konservasi*, 28(2): 135-141.
- Putri, G. X., Suropto, 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): 1-8.
- Rahmadiana, O., Supartono, T., & Nasihin, I. 2018. Wilayah jelajah dan aktivitas harian elang jawa (*Nisaetus bartelsi* Stresemann, 1924) di Bukit Mayana Kecamatan Kadugede, Kabupaten Kuningan. *Wana Raksa*, 12(1).
- Rahmat, U. M., Santosa, Y., Prasetyo, L. B., & Kartono, A. P. 2012. Habitat suitability modeling of Javan Rhino (*Rhinoceros sondaicus* Desmarest 1822) Ujung Kulon National Park. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 18(2): 129-137.
- Rahmawati, S. E., & Hermawan, D. 2023. Analisis komparatif penggunaan indeks vegetasi daerah normalized difference vegetation index (ndvi) dan soil adjusted vegetation index (savi) dalam mendeteksi tingkat vegetasi di areal bekas tambang. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*, 709-720.

- Rather, T. A., Kumar, S., & Khan, J. A. 2020. Multi-scale habitat selection and impacts of climate change on the distribution of four sympatric meso-carnivores using random forest algorithm. *Ecological Processes*, 9: 1-17.
- Real, J., Azpillaga, M., Bosch, R., Hernández-Matías, A., & Puig-Gironès, R. 2025. How does optimal prey abundance shape space use by a territorial raptor?. *European Journal of Wildlife Research*, 71(1): 10.
- Regos, A., D'Amen, M., Herrando, S., Guisan, A. and Brotons, L. 2015. Fire management, climate change and their interacting effects on birds in complex Mediterranean landscapes: dynamic distribution modeling of an early successional species—the near-threatened Dartford Warbler (*Sylvia undata*). *J. Ornithol.* 156: 275–286.
- Regos, A., Tapia, L., Gil-Carrera, A., & Domínguez, J. 2021. Caution is needed when using niche models to infer changes in species abundance: the case of two sympatric raptor populations. *Animals*, 11(7): 2020.
- Restrepo-Cardona, J. S., Echeverry-Galvis, M. Á., Maya, D. L., Vargas, F. H., Tapasco, O., & Renjifo, L. M. 2020. Human-raptor conflict in rural settlements of Colombia. *PLoS One*, 15(1): e0227704.
- Rew, J., Cho, Y., Moon, J., & Hwang, E. 2020. Habitat suitability estimation using a two-stage ensemble approach. *Remote Sensing*, 12(9): 1475.
- Riefani, M. K., Soendjoto, M. A., & Munir, A. M. 2019. Bird species in the cement factory complex of Tarjun, South Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*. 20(1): 218-225.
- Robbins, M. B., Peterson, A. T., Nyari, A., Chen, G., & Davis, T. J. 2006. Ornithological surveys of two reserves in Guangxi province, China, 2004-2005. *Forktail*, 22: 140-146.
- Robinson, B. W., Lovette, I. J., & Walsh, J. 2024. Plumage polymorphism in raptors. *Ornithology*, 141(4): 26.
- Rosalia, N., Hamidun, M. S., & Dunggio, I. 2024. Identifikasi Habitat Burung Maleo (*Macrocephalon maleo*) Menggunakan Sistem Informasi Geografi Di Cagar Alam Panua Provinsi Gorontalo. *Konservasi Hayati*, 20(2): 86-97.
- Rullman, S., & Marzluff, J. M. 2014. Raptor presence along an urban–wildland gradient: Influences of prey abundance and land cover. *Journal of Raptor Research*, 48(3): 257-272.
- Saibi, R.P., Saroyo, S. & Pontororing, H.H. 2019. Studi keanekaragaman jenis burung di Kawasan Hutan Kota Desa Kuwil Kabupaten Minahasa Utara, *Pharmakon*, 8(3): 725–733.

- Santillán, V., Quitián, M., Tinoco, B. A., Zárate, E., Schleuning, M., Böhning-Gaese, K., & Neuschulz, E. L. 2020. Direct and indirect effects of elevation, climate and vegetation structure on bird communities on a tropical mountain. *Acta Oecologica*, 102: 103500.
- Santoso, R., Ratnawati, H., & Riyanti, D. 2022. Klusterisasi Tingkat Deforestasi: Ekologi Kewarganegaraan Indonesia. *Indonesian Journal of Conservation*, 11(1): 34-38.
- Saputra, R. A. 2024. Prediction of bird habitat suitability: Determination and use of environmental parameters. *Journal of Geographical Sciences and Education*, 2(1): 1-8.
- Saputra, A. D. P., Saleh, D. A., Pinasti, L. R., & Prabowo, G. A. S. 2026. Perbandingan Keanekaragaman Spesies Burung antara Wilayah Rural dan Urban: Studi Kasus di Desa Taji, Juwiring, dan Kelurahan Gergunung, Klaten Utara: Penelitian. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 4(3): 14818-14828.
- Saputri, A. I., Iswandaru, D., Wulandari, C., & Bakri, S. 2022. Studi korelasi keanekaragaman burung dan pohon pada lahan agroforestri Blok Pemanfaatan KPHL Batutegi. *Jurnal Belantara*, 5(2): 232-245.
- Scacco, M. 2021. On the role of topography and atmospheric conditions to support efficient movement: How flying animals use the energy in the landscape to travel efficiently.
- Scherler, P., Witzak, S., Aebischer, A., van Bergen, V., Catitti, B., & Gruebler, M. U. 2023. Determinants of departure to natal dispersal across an elevational gradient in a long-lived raptor species. *Ecology and Evolution*, 13(1): e9603.
- Setiawan, T., Prasetyo, L. B., & Mulyani, Y. A. 2024. The habitat suitability modelling of Rhinoceros Hornbills (*Buceros rhinoceros*) in Java Island, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 14(2): 253-253.
- Séchaud, R., Schalcher, K., Machado, A. P., Almasi, B., Massa, C., Safi, K., & Roulin, A. 2021. Behaviour-specific habitat selection patterns of breeding barn owls. *Movement Ecology*, 9: 1-11.
- Sergio, F., Newton, I. A. N., Marchesi, L., & Pedrini, P. 2006. Ecologically justified charisma: preservation of top predators delivers biodiversity conservation. *Journal of Applied Ecology*, 43(6), 1049-1055.

- Shcheglovitova, M., & Anderson, R. P. 2013. Estimating optimal complexity for ecological niche models: A jackknife approach for species with small sample sizes. *Ecological Modelling*, 269: 9-17.
- Singgalen, Y. A. 2023. Implementasi hyper spectral of remote sensing untuk analisis kawasan ekowisata mangrove potensial di Kecamatan Tobelo Timur Menggunakan NDVI, SAVI, dan EVI. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 4(3): 928-935.
- Singh, L. A. K., Sharma, R. K., & Pawar, U. R. 2022. Raptors observed (1983–2016) in National Chambal Gharial Sanctuary: semi-arid biogeographic region suggestions for parametric studies on ecological continuity in Khathiar-Gir Ecoregion, India. *Journal of Threatened Taxa*, 14(1): 20444-20460.
- Stockwell, D. R. B., Peterson, A. T. 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling*, 148(1): 1-13.
- Styring, A. R., Donald, J. J., Gawin, D. F. 2026. Nest description, post-fledging vocalisations and elevational distribution of Blyth's Hawk-Eagle *Nisaetus alboniger* in Borneo. *Journal of Asian Ornithology*, 42(1): 6-11.
- Sumasgutner, P., Jenkins, A., Amar, A., & Altwegg, R. 2020. Nest boxes buffer the effects of climate on breeding performance in an African urban raptor. *PLoS One*, 15(6): e0234503.
- Supriatna, A. A. 2010. Diurnal raptor (burung pemangsa) di Indonesia; status dan konservasi. *Anggota Arrcn Asian Raptor Dan Conservation Network (ARRCN) Dan Jaringan Penelitian Dan Konservasi Raptor Indonesia (RAIN)*.
- Suripto, B. A., Christina, C., & Rosame, I. 2022. Variasi morfologi burung perkutut berdasarkan ras dan warna bulu yang ditenakkan di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Biotropic: The Journal of Tropical Biology*, 6(1): 37-46.
- Sutrisno, A., Wahyuni, E., & Titing, D. 2021. *Daya dukung lingkungan daerah aliran sungai kayan dan sembakung kalimantan utara dalam penyediaan pangan dan air*. Syiah Kuala University Press. Aceh
- Stinson, C. H., Lauthner, J., & Ray, R. T. (1987). The effect of weather conditions on the behavior of Ospreys in northwestern Washington. *Canadian journal of zoology*, 65(8), 2116-2118.
- Sya'bani, E. N., Hernawan, H., Nurjaman, S., & Rakhman, Z. 2020. Diversity of raptors at different habitat in Nature Reserve/Natural Tourism Park of Kawah Kamojang, Garut, West Java. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 590(1): 012002.

- Tapia, L., Dominguez, J., & Rodriguez, L. 2008. Hunting habitat preferences of raptors in a mountainous area (Northwestern Spain). *Pol J Ecol*, 56(2): 323-333.
- Tapia, L., & Zuberogoitia, I. 2018. Breeding and nesting biology in raptors. *Birds of Prey: Biology and conservation in the XXI century*. 63-94.
- Taufik, V. V., Sukmono, A., & Firdaus, H. S. 2020. Estimasi produktivitas kelapa sawit menggunakan metode NDVI (normalized difference vegetation index) dan ARVI (atmospherically resistant vegetation index) dengan citra Sentinel-2A (studi kasus: beberapa wilayah di provinsi Riau). *Jurnal Geodesi Undip*, 10(1): 153-162.
- Taufiqurrahman, I., Akbar, P. G., Purwanto, A. A., Untung, M., Assiddiqi, Z., Iqbal, M., ... & Triana, D. A. 2022. *Panduan lapangan burung-burung di Indonesia seri 1: Sunda Besar*. Birdpacker Indonesia-Interlude. Batu.
- Terraube, J., & Arroyo, B. 2011. Factors influencing diet variation in a generalist predator across its range distribution. *Biodiversity and Conservation*, 20(10): 2111-2131.
- Timóteo, S., Correia, M., Rodríguez- Echeverría, S., Freitas, H., & Heleno, R. 2018. Multilayer networks reveal the spatial structure of seed- dispersal interactions across the Great Rift landscapes. *Nature Communications*, 9: 140.
- Trianto, M., Kaini, K., Saliyem, S., Warsih, E., & Winarsih, W. 2020. Keanekaragaman serangga polinator pada tanaman nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) di Desa Bincau. *BIOSEL (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Science dan Pendidikan*, 9(2): 154-162.
- Ulya, R. 2026. Studi Ekologi Burung Pemangsa (Raptor) di Kawasan Hutan Gunung Gede Pangrango. *Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 1(1): 28-34.
- Umar, R., Abidin, M. R., Nur, R., Atjo, A. A., Liani, A. M., Yanti, J., & Utama, I. M. 2022. Penentuan prioritas ruang terbuka hijau menggunakan metode Weighted Overlay. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 3(2): 88-94.
- Valkama, J., Korpimäki, E., Arroyo, B., Beja, P., Bretagnolle, V., Bro, E., ... & Viñuela, J. 2005. Birds of prey as limiting factors of gamebird populations in Europe: a review. *Biological Reviews*, 80(2): 171-203.
- Van Heteren, A. H., Wroe, S., Tsang, L. R., Mitchell, D. R., Ross, P., Ledogar, J. A., ... & Sansalone, G. 2021. New Zealand's extinct giant raptor (*Hieraetus moorei*) killed like an eagle, ate like a condor. *Proceedings of the Royal Society B*, 288(1964): 20211913.

- Vansteelant, W. M., Verhelst, B., Shamoun-Baranes, J., Bouten, W., van Loon, E. E., & Bildstein, K. L. 2014. Effect of wind, thermal convection, and variation in flight strategies on the daily rhythm and flight paths of migrating raptors at Georgia's Black Sea coast. *Journal of Field Ornithology*, 85(1): 40-55.
- Veldsman, L. M., Kylin, H., Bronkhorst, P., Engelbrecht, I., & Bouwman, H. (2020). A method to determine the combined effects of climate change (temperature and humidity) and eggshell thickness on water loss from bird eggs. *Environmental geochemistry and health*, 42, 781-793.
- Venne, S., & Currie, D. J. 2021. Can habitat suitability estimated from MaxEnt predict colonizations and extinctions?. *Diversity and Distributions*, 27(5): 873-886.
- Verduci, M., Goodrich, L. J., Therrien, J. F., & Ruelas Inzunza, E. 2023. Feeding rates of raptors during autumn migration in the Central Appalachians 1987–2022. *Frontiers in Conservation Science*, 4: 1250142.
- Vidaña, B., Busquets, N., Napp, S., Pérez-Ramírez, E., Jiménez-Clavero, M. Á., & Johnson, N. 2020. The role of birds of prey in West Nile virus epidemiology. *Vaccines*, 8(3): 550.
- Wachira, W. 2022. *Distribution of raptors in the city metropolitan, Nairobi, Kenya*. Doctoral dissertation, Kenyatta University.
- Wahyuni, H., & Suranto, S. 2021. Dampak deforestasi hutan skala besar terhadap pemanasan global di Indonesia. *JlIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan*, 6(1): 148-162.
- Wallis, R., & Coles, G. 2024. Using birds of prey to manage pest bird flocks under lethal and non-lethal conditions—A review. *Slovak Raptor Journal*, 18(1): 59-62.
- Wang, C. J., & Wan, J. Z. 2021. Functional trait perspective on suitable habitat distribution of invasive plant species at a global scale. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19(4): 475-486.
- Wang, Q., Moreno-Martínez, Á., Muñoz-Marí, J., Campos-Taberner, M., & Camps-Valls, G. 2023. Estimation of vegetation traits with kernel NDVI. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 195: 408-417.
- Wang, X. B., Zhang, Z. H. 2020. Skeletal morphology study on distal hind limb about some birds of prey. *J. Capital Normal Univ. Nat. Sci.*, 41: 28–34.
- Wardana, D. A. S., Yuniasih, B., & Wirianata, H. 2023. Perbandingan indeks vegetasi ndvi dan savi di kebun kelapa sawit pada kondisi El Nino dan La Nina. *AGROISTA: Jurnal Agroteknologi*, 7(2): 118-125.

- Washaya, D. D., Manyangadze, T., & Washaya, S. 2025. Modelling the current and future spatial distribution of suitable areas for *V. polyanthes* using maxent in Zimbabwe. *Discover Agriculture*, 3(1): 193.
- Whitacre, D. F., & Turley, C. W. 1990. Further comparisons of tropical forest raptors census techniques. *Burnham, W., Whitacre, D., & J. Jenny (eds.). Progress report III*, 71-92.
- White Rose, E. H., & Boughton, R. K. 2022. Breeding season flooding and its effects on nesting Florida Burrowing Owls (*Athene cunicularia floridana*). *The Wilson Journal of Ornithology*, 134(2): 295-302.
- Wisheu, I. C. 1998. How organisms partition habitats: different types of community organization can produce identical patterns. *Oikos*: 246-258.
- Worton, B., J. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology*, 70:164–168
- Wulandari, C. 2021. Identifying climate change adaptation efforts in the batutegi forest management unit, Indonesia. *Forest and Society*, 5(1): 48-59.
- Wulandari, Christine, Landicho, L. D., Dicolen Cabahug, R. E., Baliton, R. S., Banuwa, I. S., Herwanti, S., & Budiono, P. 2019. Food security status in agroforestry landscapes of Way Betung Watershed, Indonesia and Molawin Dampalit Subwatershed, Philippines. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 25(3): 164–172.
- Wulandari, C., Landicho, L. D., Dicolen Cabahug, R. E., Baliton, R. S., Banuwa, I. S., Herwanti, S., & Budiono, P. 2019. Food security status in agroforestry landscapes of Way Betung Watershed, Indonesia and Molawin Dampalit Subwatershed, Philippines. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 25(3): 164–172.
- Xie, F., & Fan, H. 2021. Deriving drought indices from MODIS vegetation indices (NDVI/EVI) and Land Surface Temperature (LST): Is data reconstruction necessary?. *International Journal of applied earth observation and geoinformation*, 101: 102352.
- Youngflesh, C., Socolar, J., Amaral, B. R., Arab, A., Guralnick, R. P., Hurlbert, A. H., ... & Tingley, M. W. 2021. Migratory strategy drives species-level variation in bird sensitivity to vegetation green-up. *Nature Ecology & Evolution*, 5(7): 987-994.
- Yuni, L. P. E. K., & Tyas, S. A. 2020. Interspecific correlations toward climatic factors in migratory raptor species across Mt. Sega, Karangasem, Bali. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 590(1): p. 012005).

- Yuniasih, B., & Adjie, A. R. P. 2022. Evaluasi kondisi kebun kelapa sawit menggunakan indeks ndvi dari citra satelit sentinel 2. *J. Teknotan*, 16(2): 127-132.
- Zhao, Y., Deng, X., Xiang, W., Chen, L., & Ouyang, S. 2021. Predicting potential suitable habitats of Chinese fir under current and future climatic scenarios based on Maxent model. *Ecological Informatics*, 64: 101393.
- Zhu, Z., Huai, W., Yang, Z., Li, D., & Wang, Y. 2021. Assessing habitat suitability and habitat fragmentation for endangered Siberian cranes in Poyang Lake region, China. *Ecological indicators*, 125: 107594.
- Zulkifli, H., Iqbal, M., Supriatna, A. A., & Nurza, A. 2012. A review of recent knowledge on raptor species in Sumatra, Indonesia. *Journal of Life Sciences*, 6(5): 528-535.