

## **PREDIKSI SEBARAN POTENSIAL FAMILI CERCOPITHECIDAE (ORDO PRIMATES) DI TAMAN NASIONAL BATANG GADIS MENGGUNAKAN MODEL MaXent**

**Ahmad Qadri, Eko Prasetya**

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Medan  
Jl. Willem Iskandar Psr. V Medan Estate, Medan, Indonesia, 20221

Email Korespondensi: [ahmadqadri181@gmail.com](mailto:ahmadqadri181@gmail.com)

### **Abstract**

The Cercopithecidae family (order Primates) plays a crucial role in maintaining the balance of tropical forest ecosystems. However, pressures from deforestation and habitat fragmentation on Sumatra Island have led to a significant decline in its population. This study aims to predict the potential geographic distribution of the Cercopithecidae family in Batang Gadis National Park (TNBG), North Sumatra, using a maximum entropy (MaxEnt) approach. Data on the presence of four species: *Macaca fascicularis*, *Macaca nemestrina*, *Presbytis melalophos*, and *Trachypithecus cristatus*, were obtained from the SMART (Spatial Monitoring and Reporting Tool) monitoring system at the TNBG Patrol Center. Environmental variables used included bioclimatic factors, topography, and land cover. The modeling results showed an average area under the curve (AUC) of 0.946, indicating excellent prediction accuracy. The environmental factors that most influence the distribution of Cercopithecidae are rain-fed agricultural land (25.9%), slope aspect (22.7%), and precipitation of the coldest quarter (BIO19) at 19.4%. The habitat suitability map shows a highly suitable area of 26.21 km<sup>2</sup> (3.6%), concentrated in the central to southern parts of the National Park (TNBG), particularly at the Sopotinjak Resort and a small part of the Muara Bangko Resort. These findings confirm that the combination of climate, topography, and vegetation cover plays a significant role in determining primate distribution in TNBG and can serve as a basis for establishing priority conservation zones to maintain the sustainability of Cercopithecidae populations in Sumatra.

### **Keywords:**

*Cercopithecidae*,  
*Habitat*,  
*MaxEnt*,  
*Spatial Distribution*,  
*Batang Gadis National Park*.

## **Pendahuluan**

Famili Cercopithecidae (ordo Primates) merupakan kelompok primata Dunia Lama yang memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem hutan tropis. Sebagai pemakan buah dan daun, kelompok ini membantu penyebaran biji dan regenerasi vegetasi, sekaligus menjaga kestabilan ekosistem melalui pengendalian populasi serangga (Rambe *et al.*, 2021). Di Indonesia, spesies dari famili ini tersebar di berbagai tipe ekosistem, mulai dari hutan dataran rendah hingga pegunungan, dan dikenal memiliki daya adaptasi tinggi terhadap perubahan lingkungan (Condro *et al.*, 2021). Namun, deforestasi, degradasi habitat, dan konversi lahan yang semakin meluas telah menyebabkan penurunan populasi di banyak wilayah, terutama di Pulau Sumatera yang menjadi pusat keanekaragaman primata Indonesia (Supriatna *et al.*, 2017).

Taman Nasional Batang Gadis (TNBG) di Sumatera Utara merupakan salah satu kawasan konservasi penting dengan luas terkini 72.804 hektar. Luasan ini berkurang dibandingkan data

sebelumnya akibat tekanan dari perambahan hutan, ekspansi pertanian, dan perubahan tata guna lahan di sekitar kawasan penyangga (Dwiyahreni *et al.*, 2021). Kondisi tersebut memicu fragmentasi habitat yang dapat memengaruhi pola sebaran dan perilaku ekologis primata. Berdasarkan hasil pemantauan SMART Patrol Balai Taman Nasional Batang Gadis tahun 2025, tercatat empat spesies dari famili Cercopithecidae, yaitu *Macaca nemestrina*, *Macaca fascicularis*, *Presbytis melalophos*, dan *Trachypithecus cristatus* (KLHK, 2025). Temuan ini menegaskan bahwa TNBG masih menjadi salah satu habitat utama bagi primata di Sumatera yang memerlukan pengelolaan konservasi berbasis data ekologis terkini.

Pemodelan distribusi spesies berbasis *Maximum Entropy* (MaxEnt) terbukti efektif untuk memprediksi kesesuaian habitat dan sebaran potensial satwa liar berdasarkan data kehadiran spesies dan variabel lingkungan (Firjatullah *et al.*, 2024). Pendekatan ini telah banyak digunakan di Asia Tenggara, seperti pada pemetaan habitat *Hylobates moloch* di Taman Nasional Gunung Halimun Salak (Steiner & Huetmann, 2025) dan *Macaca fascicularis* di Malaysia (Hansen *et al.*, 2022). Populasi Cercopithecidae di Sumatera kini menghadapi tekanan serius akibat deforestasi, fragmentasi habitat, dan perubahan iklim yang mempercepat degradasi ekosistem. Antara tahun 1990 hingga 2010, sekitar 70% hutan primer di Sumatera telah hilang akibat konversi menjadi lahan pertanian, perkebunan kelapa sawit, dan pembangunan infrastruktur (Margono *et al.*, 2012).

TNBG memiliki karakteristik iklim lembap dengan curah hujan tahunan 1.900–2.800 mm (Kuswanda *et al.*, 2023), khas hutan hujan pegunungan Sumatera. Kawasan ini dikenal memiliki keanekaragaman hayati tinggi dan menjadi habitat bagi berbagai satwa dilindungi seperti harimau sumatra (*Panthera tigris sumatrae*), tapir asia (*Tapirus indicus*), kambing hutan (*Naemorhedus sumatrensis*), beruang madu (*Helarctos malayanus*), rusa sambar (*Cervus unicolor*), muntjak (*Muntiacus muntjac*), serta tiga spesies monyet dan lutung dari famili Cercopithecidae (Rambe *et al.*, 2021). Selain fauna, kawasan ini juga dihuni oleh 247 spesies burung dan 240 jenis tumbuhan yang mewakili sekitar 0,9% dari total flora Indonesia (Kuswanda *et al.*, 2023; Nasution *et al.*, 2018).

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada integrasi data lapangan hasil pemantauan SMART Patrol dengan model MaxEnt untuk menganalisis kesesuaian habitat dan sebaran potensial famili Cercopithecidae di TNBG. Pendekatan berbasis data lapangan ini belum banyak diterapkan pada kelompok primata di kawasan tersebut, sehingga memberikan kontribusi baru terhadap pemahaman ekologi spasial primata di TNBG. Hasil pemodelan diharapkan dapat menghasilkan peta distribusi yang lebih akurat dan menggambarkan kondisi ekologis terkini, serta membantu mengidentifikasi area prioritas konservasi untuk mendukung strategi pengelolaan satwa liar yang adaptif terhadap perubahan lingkungan.

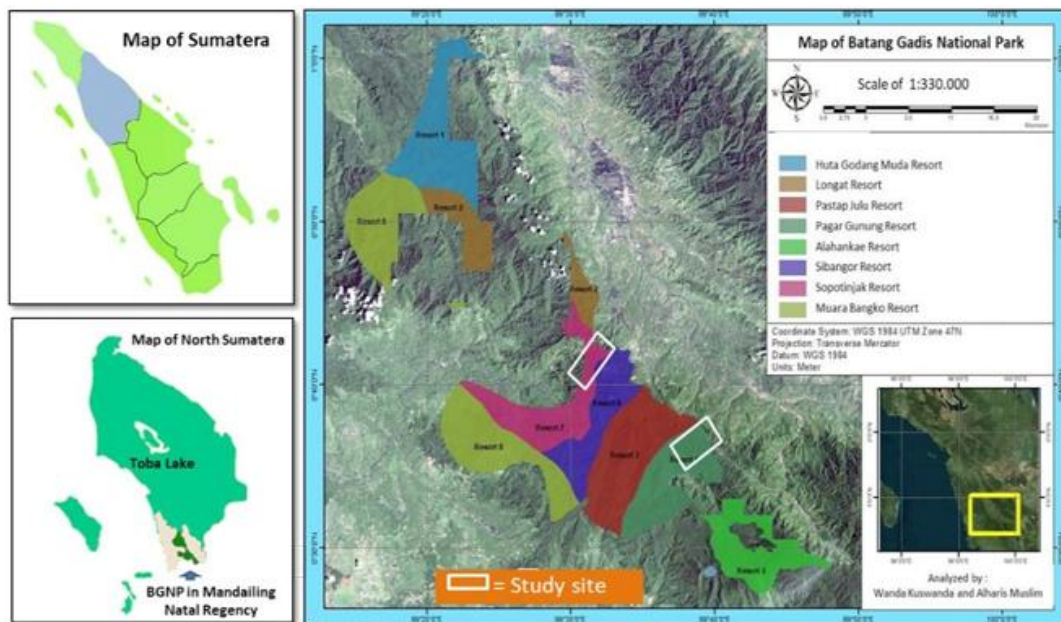
Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi keterbatasan informasi mengenai kesesuaian habitat dan sebaran potensial famili Cercopithecidae di TNBG, serta mengidentifikasi faktor lingkungan yang paling berpengaruh terhadap distribusinya. Tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis kesesuaian habitat, memprediksi sebaran potensial, dan menentukan variabel lingkungan kunci yang memengaruhi distribusi famili tersebut sebagai dasar perencanaan strategi konservasi berbasis bukti ilmiah.

## Metode Penelitian

### Lokasi dan Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni hingga Oktober 2025 di kawasan konservasi Taman Nasional Batang Gadis (TNBG), Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara. Kawasan ini termasuk dalam ekosistem hutan hujan tropis dan ditetapkan sebagai taman nasional melalui Keputusan Menteri Kehutanan No. SK.126/Menhut-II/2004. Luas awal TNBG tercatat sekitar 108.000 hektar, kemudian

disesuaikan menjadi 72.804 hektar sesuai Keputusan Menteri Kehutanan No. SK.3973/Menhut-VII/KUH/2014 (Kementerian Kehutanan, 2014).



**Gambar 1.** Lokasi penelitian di TNBG (Sumber: Taman Nasional Batang Gadis)

Secara administratif, TNBG mencakup 10 kecamatan dan 32 desa, dengan sistem pengelolaan yang dibagi ke dalam lima zona utama, tiga unit manajemen, dan delapan resort (Balai Taman Nasional Batang Gadis, 2020). Resort tersebut meliputi Huta Godang Muda, Longat, Pastap Julu, Pagur Gunung, Alahan Kae, Siobon, Sopotinjak, dan Muara Bangko. Pembagian resort ini mengikuti karakter bentang alam dan topografi kawasan yang membentang dari utara ke selatan TNBG. Setiap resort berfungsi sebagai satuan pengelolaan lapangan yang mencakup aktivitas patroli kawasan, penelitian ekologi, serta pemantauan keanekaragaman hayati. Secara geografis, TNBG berada pada koordinat  $99^{\circ}12'45''$ – $99^{\circ}47'45''$  BT dan  $0^{\circ}27'15''$ – $1^{\circ}01'57''$  LU, dengan ketinggian antara 300–2.145 mdpl (Balai Taman Nasional Batang Gadis, 2020; Kartawinata *et al.*, 2004).

#### Alat

Penelitian ini menggunakan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras berupa laptop digunakan untuk pengolahan data spasial dan pemodelan distribusi spesies. Perangkat lunak yang digunakan meliputi ArcGIS Pro 3.2 untuk analisis spasial dan pembuatan peta, MaxEnt 3.4.4 untuk pemodelan potensi sebaran spesies, SPSS 25 untuk analisis multikolinearitas antarvariabel lingkungan, serta Microsoft Office 2021 untuk pengelolaan data dan penyusunan laporan penelitian.

#### Bahan

##### 1. *Data Kehadiran Spesies*

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa titik keberadaan famili Cercopithecidae dalam format koordinat geografis (longitude, latitude). Data diperoleh melalui permohonan resmi kepada Balai Taman Nasional Batang Gadis (TNBG) pada Juni 2025 dan merupakan hasil pemantauan lapangan oleh tim SMART Patrol. Hasil ekstraksi mencakup empat spesies, yaitu *Macaca fascicularis*, *Macaca nemestrina*, *Presbytis melalophos*, dan *Trachypithecus cristatus*, dengan total awal 54 titik kehadiran (Tabel 1).

**Tabel 1.** Titik kehadiran famili Cercopithecidae di kawasan Taman Nasional Batang Gadis

Nama Ilmiah	Spesies	Jumlah
<i>Macaca fascicularis</i> (Raffles. 1821)	Cercopithecidae	17
<i>Macaca nemestrina</i> (Linnaeus. 1766)	Cercopithecidae	11
<i>Presbytis melalophos</i> (Raffles. 1821)	Cercopithecidae	20
<i>Trachypithecus cristatus</i> (Raffles. 1821)	Cercopithecidae	6
<b>Total</b>		<b>54</b>

Data kemudian diverifikasi secara taksonomi dan melalui proses *data cleaning* untuk menghapus duplikasi, titik kosong, serta koordinat di luar batas kawasan penelitian (Huang *et al.*, 2021). Setelah validasi, diperoleh 35 titik kehadiran yang disatukan dalam satu kelompok famili Cercopithecidae untuk digunakan dalam pemodelan distribusi spesies.

## 2. Variabel Lingkungan

Variabel lingkungan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi faktor bioklimatik, topografi, dan penutupan lahan (Tabel 2). Data bioklimatik mencakup parameter suhu dan curah hujan yang diperoleh dari WorldClim versi 2.1, sedangkan variabel topografi diturunkan dari model elevasi digital SRTM v4.1dev. Data penutupan lahan diambil dari basis data IIASA untuk menggambarkan kondisi vegetasi dan aktivitas penggunaan lahan di kawasan TNBG.

**Tabel 2.** Variabel lingkungan yang digunakan dalam pemodelan kesesuaian habitat famili Cercopithecidae di Taman Nasional Batang Gadis

Variabel	Sumber Data	Satuan atau Rentang Data
Keragaman suhu tahunan ( <i>Temperature Seasonality, BIO4</i> )	WorldClim v2.1	°C (simpangan baku × 100)
Keragaman curah hujan tahunan ( <i>Precipitation Seasonality, BIO15</i> )	WorldClim v2.1	% (koefisien variasi)
Curah hujan kuartal terdingin ( <i>Precipitation of Coldest Quarter, BIO19</i> )	WorldClim v2.1	mm
Arah lereng timur ( <i>Global Aspect – Cosine East</i> )	SRTM v4.1dev	Derajat (°)
Arah lereng vertikal ( <i>Global Aspect – Cosine Up</i> )	SRTM v4.1dev	Derajat (°)
Kelas kemiringan lereng ( <i>Global Slope Class 6</i> )	SRTM v4.1dev	Derajat (°)
Lahan pertanian tadah hujan ( <i>Cultivated Rainfed Land</i> )	IIASA	%
Hutan ( <i>Forest</i> )	IIASA	%

Seluruh variabel diuji menggunakan analisis *Tolerance* dan *Variance Inflation Factor* (VIF) pada perangkat lunak SPSS versi 25 guna memastikan tidak terjadi multikolinearitas antarvariabel. Variabel dengan nilai *Tolerance* di bawah 0,1 atau VIF di atas 10 dieliminasi dari analisis karena menunjukkan korelasi kuat antarvariabel (Javidan *et al.*, 2021; Kim, 2020). Variabel yang lolos uji kemudian digunakan sebagai prediktor dalam pemodelan kesesuaian habitat famili Cercopithecidae di TNBG.

## Prosedur Penelitian

Data titik koordinat kehadiran famili Cercopithecidae dalam format (.csv) diperoleh dari hasil pemantauan SMART Patrol Balai TN Batang Gadis, kemudian diverifikasi secara taksonomi dan dibersihkan dari duplikasi, titik kosong, serta koordinat di luar batas kawasan. Variabel lingkungan dalam format raster (.asc) meliputi faktor bioklimatik, topografi, dan penutupan lahan. Seluruh variabel diuji multikolinearitas menggunakan analisis *Tolerance* dan *Variance Inflation Factor* (VIF) pada SPSS

versi 25, dan hanya variabel dengan *Tolerance* > 0,1 serta VIF < 10 yang digunakan untuk pemodelan (Javidan *et al.*, 2021; Kim, 2020). Kedua jenis data tersebut kemudian disesuaikan dalam sistem koordinat WGS 1984 UTM Zone 47N dengan resolusi spasial 30 *arc-seconds*.

Pemodelan distribusi dilakukan menggunakan algoritma *Maximum Entropy* (MaxEnt 3.4.4), dengan pembagian data 75% untuk pelatihan (*training*) dan 25% untuk pengujian (*testing*), serta replikasi *Bootstrap* sebanyak 10 kali untuk meningkatkan kestabilan hasil. Parameter model mengikuti pengaturan default MaxEnt dengan *regularization multiplier* sebesar 1,0 dan format output *Cloglog* (Phillips *et al.*, 2006). Akurasi model dievaluasi berdasarkan nilai *area under the curve* (AUC) dari *receiver operating characteristic* (ROC), sedangkan analisis *Jackknife* digunakan untuk menentukan kontribusi variabel terhadap hasil prediksi. Luaran model berupa peta kesesuaian habitat divisualisasikan dengan ArcGIS (Karyanto *et al.*, 2023).

## Hasil dan Pembahasan

### *Multikolinearitas Variabel Lingkungan*

Sebelum dilakukan pemodelan sebaran potensial menggunakan algoritma *Maximum Entropy* (MaxEnt), dilakukan uji multikolinearitas terhadap seluruh variabel lingkungan untuk memastikan tidak terdapat hubungan linier yang kuat antarvariabel bebas. Uji ini penting agar setiap variabel memiliki kontribusi informasi yang independen dalam menjelaskan variasi spasial habitat. Hasil uji multikolinearitas variabel lingkungan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Uji Multikolinearitas Variabel Lingkungan yang Digunakan dalam Pemodelan Kesesuaian Habitat

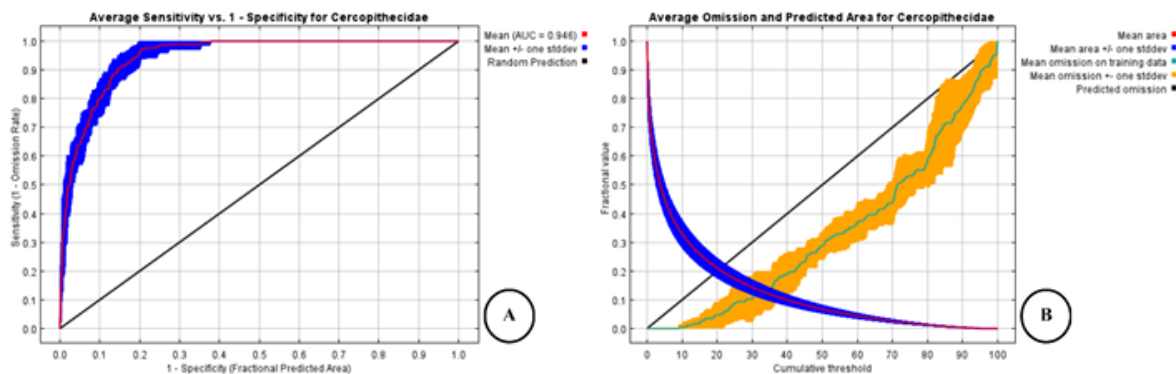
Variabel Bebas	Statistik Kolinearitas	
	Nilai Toleransi	Nilai Faktor Inflasi Varians (VIF)
Lahan pertanian tadah hujan ( <i>Cultivated Rainfed Land</i> )	0,409	2,447
Arah lereng timur ( <i>Global Aspect – Cosine East</i> )	0,479	2,089
Arah lereng vertikal ( <i>Global Aspect – Cosine Up</i> )	0,865	1,157
Kelas kemiringan lereng ( <i>Global Slope Class 6</i> )	0,882	1,134
Keragaman suhu tahunan ( <i>Temperature Seasonality, BIO4</i> )	0,477	2,095
Keragaman curah hujan tahunan ( <i>Precipitation Seasonality, BIO15</i> )	0,488	2,051
Curah hujan kuartal terdingin ( <i>Precipitation of Coldest Quarter, BIO19</i> )	0,262	3,815
Variabel Terikat	Hutan ( <i>Forest</i> )	

Hasil uji multikolinearitas menunjukkan bahwa seluruh variabel lingkungan memenuhi kriteria independensi dengan nilai *Tolerance* di atas 0,1 dan VIF di bawah 10 (Tabel 3). Nilai VIF tertinggi terdapat pada variabel curah hujan kuartal terdingin (BIO19) sebesar 3,815, sedangkan nilai terendah pada arah lereng vertikal (*Global Aspect – Cosine Up*) sebesar 1,157. Nilai-nilai tersebut masih dalam batas wajar dan tidak menunjukkan adanya korelasi yang kuat antarvariabel prediktor. Kondisi ini mengindikasikan bahwa setiap variabel memiliki peran ekologis yang berbeda, sehingga layak digunakan dalam pemodelan kesesuaian habitat famili *Cercopithecidae*. Hasil ini sejalan dengan kriteria yang digunakan oleh Javidan *et al.* (2021) dan Kim (2020), yang menegaskan bahwa nilai VIF <

10 menandakan hubungan antarvariabel bersifat independen dan tidak menimbulkan bias dalam analisis model.

### Evaluasi Kinerja Model MaxEnt

Evaluasi performa model dilakukan menggunakan analisis *receiver operating characteristic* (ROC) untuk menilai kemampuan prediktif model terhadap kesesuaian habitat famili Cercopithecidae. Kurva ROC hasil pemodelan menunjukkan pola yang melengkung tajam ke arah kiri atas grafik, menandakan tingkat akurasi prediksi yang sangat tinggi (Gambar 2A). Nilai *area under curve* (AUC) rata-rata sebesar 0,946 (SD  $\pm$  0,011) menunjukkan bahwa model *Maximum Entropy* (MaxEnt) memiliki kemampuan membedakan area sesuai dan tidak sesuai bagi spesies dengan tingkat ketepatan sekitar 94%. Semakin besar nilai AUC, semakin jauh posisi kurva dari garis acak, yang mengindikasikan keandalan dan stabilitas model dalam merepresentasikan hubungan antara data kehadiran spesies dan variabel lingkungan. Temuan ini sejalan dengan Phillips *et al.* (2006) dan Jiménez-Valverde (2022), yang menyatakan bahwa nilai AUC di atas 0,9 mencerminkan performa prediksi yang sangat baik dan reliabel untuk pemodelan sebaran spesies berbasis kehadiran.



**Gambar 2.** (A) Kurva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) Hasil Pemodelan Distribusi Famili Cercopithecidae dengan nilai AUC rata-rata 0,946 (SD  $\pm$  0,011); (B) Kurva omission dari sepuluh replikasi MaxEnt

Hasil analisis omission rate menunjukkan bahwa kurva biru hasil sepuluh replikasi MaxEnt berada di bawah garis acak (Gambar 2B), yang menandakan tingkat kesalahan prediksi rendah dan konsistensi model yang tinggi. Pola tersebut menunjukkan bahwa model tidak mengalami overfitting dan memiliki kestabilan dalam mengidentifikasi area dengan potensi kehadiran Cercopithecidae yang tinggi. Temuan ini konsisten dengan laporan Morales *et al.* (2017) dan Elith *et al.* (2011), yang menyatakan bahwa omission rate rendah disertai nilai AUC tinggi menggambarkan keseimbangan optimal antara sensitivitas dan spesifisitas model.

Konsistensi ini juga tercermin pada hasil analisis nilai ambang batas (*threshold values*) pada Tabel 4, di mana beberapa metode penentuan ambang seperti *Minimum Training Presence* dan *10 Percentile Training Presence* menunjukkan *training omission rate* yang sangat rendah dan *test omission rate* di bawah 0,3. Hal ini memperkuat bahwa model MaxEnt mampu memprediksi distribusi potensial dengan akurasi tinggi sekaligus menjaga keseimbangan antara area yang diprediksi dan tingkat kesalahan prediksi. Hasil dari kurva *omission rate* dan tabel *threshold* secara bersama-sama menegaskan bahwa model MaxEnt memiliki reliabilitas yang tinggi dalam memprediksi sebaran potensial famili Cercopithecidae di Taman Nasional Batang Gadis.

**Tabel 4.** Nilai Ambang Batas (*Threshold Values*) Hasil Model MaxEnt untuk Prediksi Potensi Sebaran Famili Cercopithecidae di TNBG

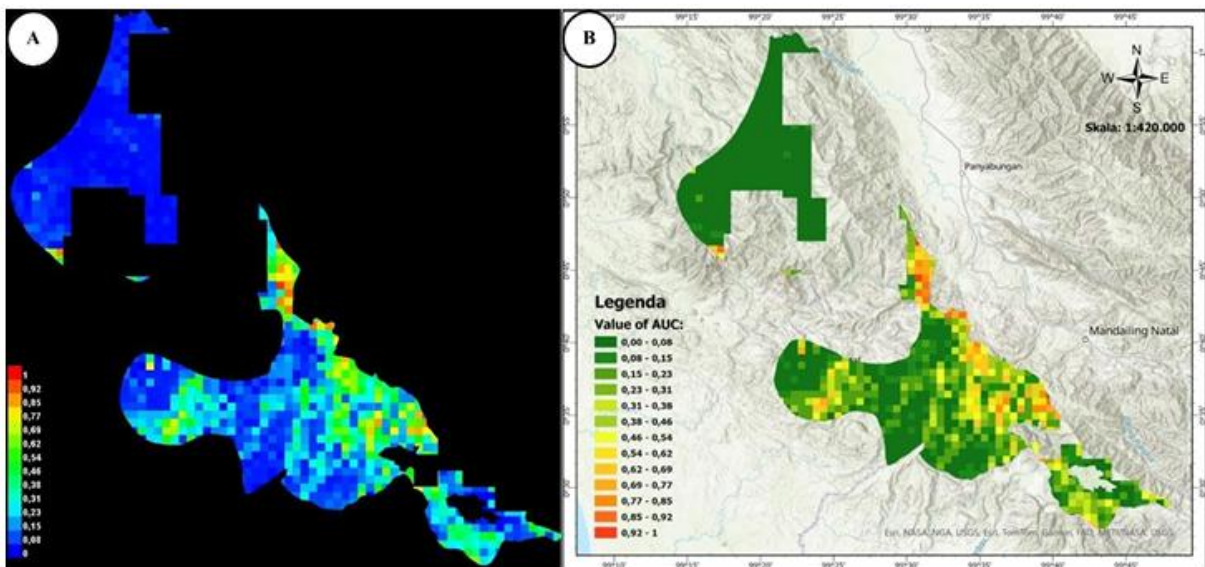
Deskripsi	Ambang kumulatif	Ambang Cloglog	Persentase Area yang Diprediksi	Tingkat Kelalaian Data Pelatihan	Tingkat Kelalaian Data Uji
Sensitivitas dan spesifisitas uji maksimum	27,8682	0,4066	0,1626	0,04	0,2375
Keseimbangan antara kelalaian pelatihan, area prediksi, dan nilai ambang	6,8686	0,1163	0,3926	0,000	0,1375

Nilai ambang pada kategori sensitivitas dan spesifisitas uji maksimum menunjukkan ambang kumulatif sebesar 27,8682 dengan nilai Cloglog 0,4066. Pada titik ini, model menghasilkan tingkat kelalaian data pelatihan sebesar 0,04 dan data uji 0,2375, yang mencerminkan keseimbangan optimal antara kemampuan model dalam mendeteksi area aktual kehadiran dan menghindari prediksi berlebihan. Nilai ini menegaskan bahwa model memiliki kinerja valid dengan tingkat kesalahan prediksi yang rendah serta mampu menggeneralisasi data dengan baik (Phillips *et al.*, 2006; Merow *et al.*, 2013).

Pada kategori keseimbangan antara kelalaian pelatihan, area prediksi, dan nilai ambang, diperoleh ambang kumulatif 6,8686 dan nilai Cloglog 0,1163 dengan tingkat kelalaian nol pada data pelatihan dan 0,1375 pada data uji. Kondisi ini menunjukkan stabilitas model dalam mengidentifikasi area potensial dengan risiko kelalaian minimum, tanpa kehilangan proporsi signifikan dari habitat aktual. Hasil ini mendukung temuan Dorji *et al.* (2020) dan Muscatello *et al.* (2020), yang menyatakan bahwa nilai ambang rendah dengan tingkat kelalaian minimal menandakan kemampuan model MaxEnt untuk mencapai keseimbangan prediksi spasial yang efisien. Performa model pada dua ambang ini mengindikasikan reliabilitas tinggi dan keakuratan prediksi sebaran potensial Famili Cercopithecidae di Taman Nasional Batang Gadis.

#### ***Distribusi Spesies Famili Cercopithecidae di Taman Nasional Batang Gadis***

Distribusi spasial famili Cercopithecidae di Taman Nasional Batang Gadis (TNBG) diperoleh melalui hasil pemodelan MaxEnt berbasis data lingkungan bioklimatik, topografi, dan antropogenik. Model ini menghasilkan peta probabilitas kehadiran yang menggambarkan tingkat kesesuaian habitat di setiap piksel area penelitian. Pola distribusi habitat potensial yang dihasilkan menunjukkan variasi spasial yang kuat antara wilayah tengah, selatan, dan utara TNBG. Menurut Phillips *et al.* (2006), hasil keluaran MaxEnt dalam format peta numerik merepresentasikan nilai peluang kehadiran spesies pada rentang 0–1, di mana nilai mendekati 1 menunjukkan tingkat kesesuaian tinggi.



**Gambar 3.** (A) Peta Numerik Hasil Keluaran (*Output*) Model MaxEnt yang Menunjukkan Nilai Kesesuaian Habitat Potensial Famili Cercopithecidae di TNBG. (B) Peta Hasil Konversi File Berformat .asc ke Dalam ArcGIS, yang Menggambarkan Distribusi Spasial Tingkat Kesesuaian Habitat Berdasarkan Nilai Probabilitas Model

Berdasarkan visualisasi pada Gambar 3A dan 3B, nilai AUC yang dihasilkan model MaxEnt menunjukkan gradasi spasial yang jelas dari utara ke selatan kawasan Taman Nasional Batang Gadis (TNBG). Area dengan nilai AUC rendah (0 – 0,08) tampak mendominasi bagian utara dan barat kawasan, khususnya di sekitar Resort Huta Godang Muda dan Longat, yang secara visual ditunjukkan oleh warna biru hingga hijau muda. Nilai AUC menengah (0,15 - 0,38) terlihat mulai mengelompok di wilayah tengah dan timur TNBG, mencakup Resort Alahan Kae, Pagar Gunung, dan sebagian Sibangor, yang ditandai oleh warna hijau kekuningan. Sementara itu, nilai AUC tinggi (0,69 – 1), yang merepresentasikan kesesuaian habitat optimal, tampak terkonsentrasi di bagian tengah–selatan taman nasional, terutama pada Resort Sopotinjak dan Muara Bangko. Area ini membentuk kluster spasial yang berdekatan dengan zona hutan pegunungan menengah yang masih rapat dan relatif minim gangguan antropogenik (Kuswanda *et al.*, 2023).

Pola gradasi tersebut memperlihatkan bahwa semakin ke arah selatan, nilai kesesuaian habitat cenderung meningkat, sejalan dengan kondisi topografi dan vegetasi yang lebih stabil. Secara kuantitatif, pola ini tercermin pada hasil analisis distribusi nilai AUC dalam Tabel 5, di mana sebagian besar area TNBG (48,36%) berada pada kelas kesesuaian rendah (AUC 0 – 0,08), sedangkan hanya sekitar 3,6% wilayah yang termasuk kategori kesesuaian tinggi (AUC 0,69 - 1). Perbandingan ini menunjukkan bahwa habitat potensial famili Cercopithecidae di TNBG bersifat terbatas namun terlokalisasi kuat pada kawasan tengah–selatan yang memiliki kondisi ekologis paling mendukung (Kuswanda *et al.*, 2023; Novoseltseva, 2024).

**Tabel 5.** Distribusi Nilai AUC, Persentase, dan Luas Wilayah Potensi Sebaran Famili Cercopithecidae di TNBG

Nilai AUC	Persentase	Luas Wilayah (Km <sup>2</sup> )
0,00 - 0,08	48,36%	352,080144
0,08 - 0,15	12,52%	91,150608
0,15 - 0,23	10,74%	78,191496
0,23 - 0,31	7,63%	55,549452
0,31 - 0,38	4,68%	34,072272
0,38 - 0,46	4,28%	31,160112
0,46 - 0,54	2,97%	21,622788
0,54 - 0,62	2,57%	18,710628
0,62 - 0,69	2,65%	19,29306
0,69 - 0,77	1,62%	11,794248
0,77 - 0,85	1,10%	8,00844
0,85 - 0,92	0,72%	5,241888
0,92 - 1	0,16%	1,164864
Total	100%	728,04

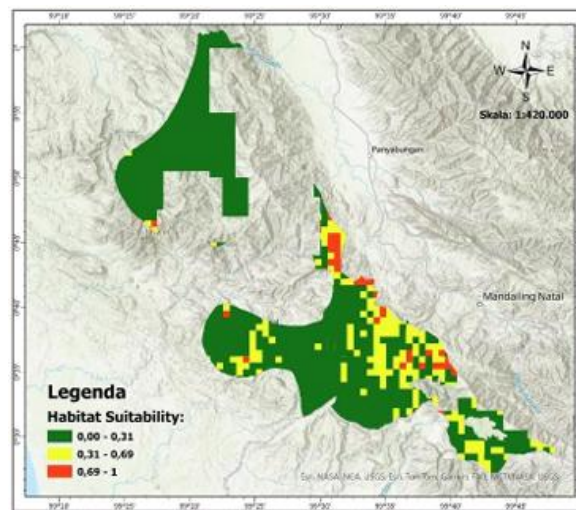
Berdasarkan Tabel 5, sebagian besar kawasan Taman Nasional Batang Gadis (TNBG) memiliki tingkat kesesuaian habitat rendah (AUC 0,00 – 0,08) dengan luas sekitar 352,08 km<sup>2</sup> atau 48,36% dari total area. Kondisi ini menunjukkan bahwa hampir setengah wilayah TNBG kurang mendukung keberadaan Famili Cercopithecidae. Area dengan kesesuaian sedang (AUC 0,15 – 0,62) mencakup sekitar 42,41% wilayah dan tersebar di bagian tengah hingga timur taman nasional, sedangkan area dengan kesesuaian tinggi (AUC 0,69 – 1) hanya sekitar 3,6% atau 26,2 km<sup>2</sup>, terutama di bagian tengah hingga selatan dengan tutupan hutan lebat dan gangguan antropogenik yang rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa habitat optimal bagi Cercopithecidae di TNBG bersifat terbatas dan berpusat pada area dengan kondisi ekologis yang masih stabil. Untuk mempermudah interpretasi hasil tersebut, nilai AUC kemudian dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama kesesuaian habitat, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Hasil klasifikasi ini disajikan pada Tabel 6, yang memperlihatkan estimasi luas dan persentase setiap kelas kesesuaian sebagai dasar penentuan wilayah prioritas konservasi Cercopithecidae di TNBG.

**Tabel 6.** Luas Estimasi Wilayah dan Persentase Kesesuaian Habitat Famili Cercopithecidae di TNBG MaxEnt

Nilai	Kelas Kesesuaian	Persentase	Luas Estimasi Wilayah (Km <sup>2</sup> )
0,00 – 0,31	Rendah	79,25%	576,972
0,31 – 0,69	Sedang	17,15%	124,859
0,69 - 1	Tinggi	3,60%	26,2094
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>	<b>728,04</b>

Berdasarkan Tabel 6, tingkat kesesuaian habitat rendah mendominasi kawasan TNBG seluas 576,97 km<sup>2</sup> (79,25%), diikuti tingkat sedang 124,86 km<sup>2</sup> (17,15%) dan tinggi 26,21 km<sup>2</sup> (3,60%). Dominasi tingkat kesesuaian rendah menunjukkan bahwa sebagian besar lanskap TNBG belum sepenuhnya mendukung kebutuhan ekologis famili Cercopithecidae. Sebaliknya, area dengan tingkat kesesuaian sedang hingga tinggi umumnya memiliki tutupan hutan lebih baik dan tekanan manusia yang lebih rendah. Kondisi ini menegaskan pentingnya pengelolaan zona dengan tingkat kesesuaian habitat sedang dan tinggi sebagai prioritas konservasi (Estrada *et al.*, 2017). Secara spasial, variasi tingkat

kesesuaian tersebut divisualisasikan pada Gambar 4 yang menampilkan sebaran habitat potensial famili Cercopithecidae di TNBG berdasarkan tiga kelas hasil pemodelan MaxEnt.

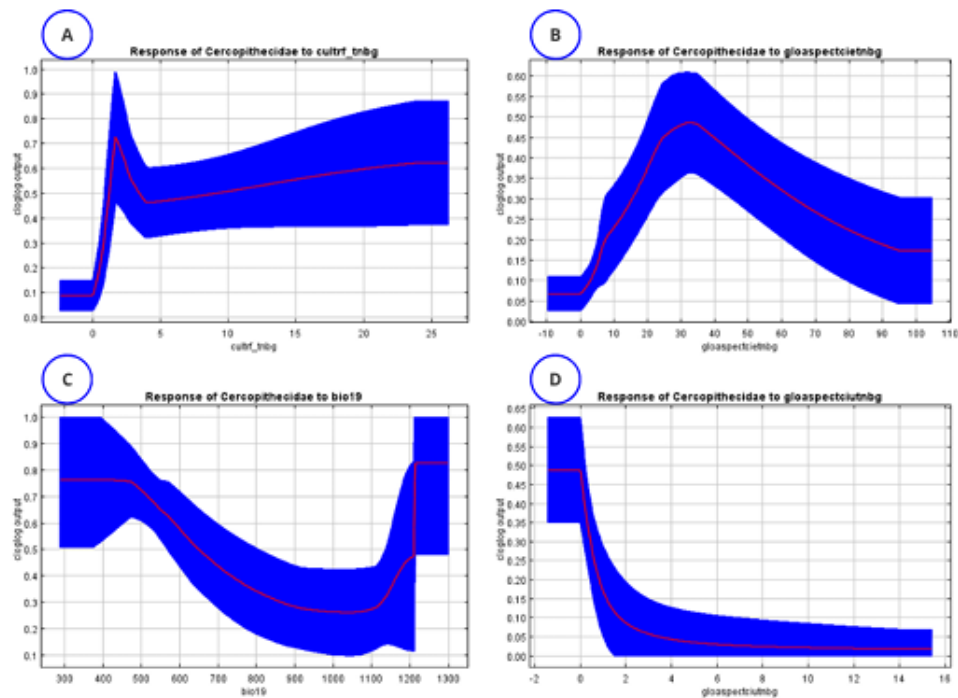


**Gambar 4.** Peta Kesesuaian Habitat Cercopithecidae di TNBG dengan Tiga Tingkat Kesesuaian Habitat.

Gambar 4 memperlihatkan sebaran tingkat kesesuaian habitat Famili Cercopithecidae di Taman Nasional Batang Gadis (TNBG) hasil pemodelan *MaxEnt*. Tingkat kesesuaian habitat rendah mendominasi bagian barat dan utara kawasan, terutama di Resort Huta Godang Muda, Longat, dan Pastap Julu, yang berdekatan dengan batas luar taman nasional dan terpengaruh aktivitas manusia seperti perladangan serta pemukiman. Sebaliknya, tingkat kesesuaian sedang hingga tinggi terkonsentrasi di bagian tengah hingga tenggara, meliputi Resort Pagar Gunung, Alahan Kae, dan sebagian Sopo Tinjak, dengan tutupan hutan lebih rapat dan topografi menengah. Kondisi ini menunjukkan bahwa habitat yang paling sesuai berada di area dengan gangguan rendah dan konektivitas vegetasi tinggi. Karena itu, kawasan sekitar Resort Pagar Gunung, Alahan Kae, dan Sopo Tinjak menjadi prioritas konservasi, sedangkan wilayah Huta Godang Muda dan Pastap Julu perlu difokuskan pada upaya restorasi habitat (Kuswanda *et al.*, 2023; Rambe *et al.*, 2021).

#### ***Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Sebaran Potensial Famili Cercopithecidae di Taman Nasional Batang Gadis***

Analisis ini menjelaskan pengaruh variabel lingkungan terhadap sebaran potensial Cercopithecidae berdasarkan hasil pemodelan MaxEnt. Pembahasan meliputi kurva respon, tabel kontribusi dan tingkat pentingnya permutasi, serta uji Jackknife. Ketiga analisis tersebut digunakan untuk menafsirkan hubungan antara variabel lingkungan dan probabilitas keberadaan spesies, serta menilai peran dan kekuatan masing-masing variabel dalam menentukan kesesuaian habitat di Taman Nasional Batang Gadis.



**Gambar 5.** Kurva Respon Cercopithecidae terhadap Empat Variabel Lingkungan Paling Dominan Dalam Model, Yaitu: (A) Lahan Pertanian Tadah Hujan, (B) Arah Lereng Timur, (C) Curah Hujan Kuartal Terdingin, dan (D) Arah Lereng Vertikal, yang Menunjukkan Pengaruh Masing-Masing Variabel Terhadap Probabilitas Keberadaan Spesies.

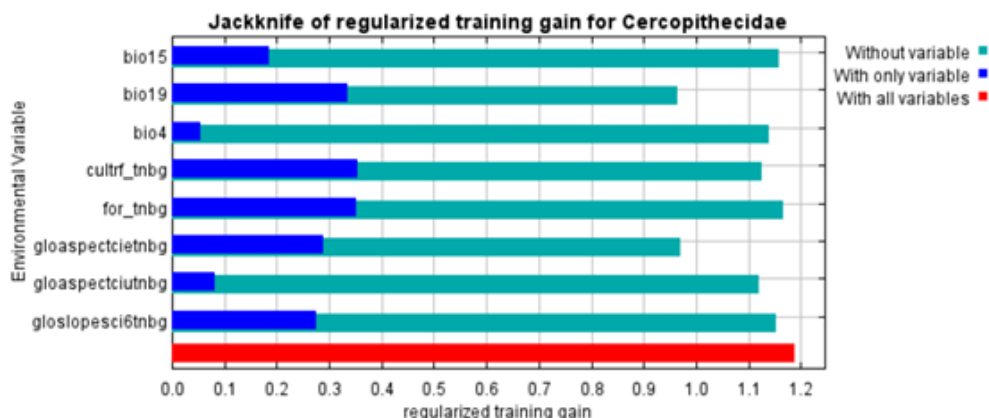
Respon kurva respon Cercopithecidae terhadap empat variabel lingkungan yang paling dominan menunjukkan pengaruh signifikan faktor topografi dan curah hujan dalam menentukan kesesuaian habitat di Taman Nasional Batang Gadis. Pada variabel lahan pertanian tadah hujan, probabilitas keberadaan meningkat pada nilai 0 – 2 lalu menurun setelah 5, menunjukkan preferensi terhadap area pertanian ringan di tepi hutan. Variabel arah lereng timur (*Global Aspect – Cosine East*) mencapai probabilitas maksimum pada 30°, kemudian menurun hingga 100°, menandakan kesesuaian tertinggi pada lereng dengan paparan sinar matahari pagi.

Pada curah hujan kuartal terdingin (BIO19), pola berbentuk U memperlihatkan kesesuaian tinggi pada curah hujan di bawah 400 mm dan di atas 1200 mm, serta penurunan pada 700 – 1000 mm. Hal ini menunjukkan toleransi terhadap kelembapan ekstrem selama vegetasi penutup tetap tersedia. Sementara itu, kelas kemiringan lereng (*Global Slope Class 6*) memperlihatkan probabilitas tinggi pada kemiringan di bawah 10° dan di atas 60°, tetapi menurun pada 20 – 50°, menandakan preferensi terhadap habitat datar atau lereng curam berhutan. Secara keseluruhan, Cercopithecidae menunjukkan fleksibilitas ekologis terhadap variasi lanskap, namun tetap bergantung pada keseimbangan antara tutupan vegetasi, suhu mikro yang stabil, dan tingkat gangguan rendah untuk mempertahankan keberadaannya (Ceresa *et al.*, 2021; Fourcade *et al.*, 2017; Muscatello, *et al.*, 2020).

**Tabel 7.** Persentase Kontribusi dan Tingkat Pentingnya Permutasi dari Masing-masing Variabel Lingkungan dalam Memprediksi Potensi Sebaran Cercopithecidae di TNBG

Variabel	Persentase kontribusi	Pentingnya permutasi
Lahan pertanian tadah hujan ( <i>Cultivated Rainfed Land</i> )	25,9	25
Arah lereng timur ( <i>Global Aspect – Cosine East</i> )	22,7	15,1
Curah hujan kuartal terdingin ( <i>Precipitation of Coldest Quarter, BIO19</i> )	19,4	19,8
Kelas kemiringan lereng ( <i>Global Slope Class 6</i> )	14	6,5
Arah lereng vertikal ( <i>Global Aspect – Cosine Up</i> )	5,8	14,2
Keragaman curah hujan tahunan ( <i>Precipitation Seasonality, BIO15</i> )	5,5	6,1
Keragaman suhu tahunan ( <i>Temperature Seasonality, BIO4</i> )	4,1	6,9
Hutan ( <i>Forest</i> )	2,6	6,4

Berdasarkan hasil analisis kontribusi variabel lingkungan (Tabel 7), diketahui bahwa lahan pertanian tadah hujan (*Cultivated Rainfed Land*) memberikan kontribusi tertinggi terhadap model prediksi sebaran Cercopithecidae di TNBG, yaitu sebesar 25,9%, diikuti oleh arah lereng timur (*Global Aspect – Cosine East*) sebesar 22,7%, dan curah hujan kuartal terdingin (BIO19) sebesar 19,4%. Nilai kontribusi yang tinggi pada ketiga variabel ini menunjukkan bahwa faktor penggunaan lahan, orientasi topografi, dan kestabilan iklim mikro merupakan determinan utama dalam memengaruhi kesesuaian habitat Cercopithecidae. Sementara itu, variabel kelas kemiringan lereng memberikan kontribusi sedang sebesar 14%, yang menandakan bahwa morfologi lanskap berperan dalam menentukan lokasi aktivitas dan pergerakan spesies ini. Adapun variabel arah lereng vertikal, keragaman curah hujan tahunan (BIO15), keragaman suhu tahunan (BIO4), dan tutupan hutan memiliki kontribusi relatif kecil (<10%), namun tetap berperan dalam mendukung variasi mikrohabitat. Temuan ini mengindikasikan bahwa Cercopithecidae cenderung menempati area dengan kemiringan sedang, curah hujan stabil, serta tutupan vegetasi yang mampu menyediakan sumber pakan dan perlindungan, sejalan dengan laporan Elith *et al.* (2011) dan Phillips *et al.* (2006) yang menegaskan pentingnya kombinasi antara faktor iklim dan topografi dalam membentuk distribusi primata di ekosistem tropis.



**Gambar 6.** Hasil Uji Jackknife terhadap Training Gain Model MaxEnt untuk Cercopithecidae di TNBG

Hasil uji Jackknife terhadap training gain model MaxEnt (Gambar 6) menunjukkan bahwa curah hujan kuartal terdingin (BIO19) dan lahan pertanian tadah hujan (*Cultivated Rainfed Land*) merupakan variabel yang paling berpengaruh dalam meningkatkan akurasi model ketika diuji secara tunggal. Nilai training gain tertinggi diperoleh saat variabel BIO19 digunakan secara individu, yang mengindikasikan bahwa kestabilan curah hujan selama periode terdingin memiliki kemampuan paling baik dalam membedakan area habitat potensial Cercopithecidae. Sebaliknya, penghapusan variabel lahan pertanian tadah hujan menyebabkan penurunan training gain paling besar, menunjukkan bahwa faktor ini memberikan kontribusi dominan terhadap kekuatan model secara keseluruhan. Sementara itu, variabel arah lereng vertikal (*Global Aspect – Cosine Up*) dan kelas kemiringan lereng (*Global Slope Class 6*) memperlihatkan kontribusi tambahan terhadap peningkatan training gain ketika dikombinasikan dengan variabel lain, yang berarti faktor topografi turut memperkuat keakuratan model. Temuan ini menegaskan bahwa interaksi antara perubahan penggunaan lahan dan variasi iklim musiman menjadi pengendali utama distribusi spasial Cercopithecidae di TNBG, sejalan dengan pola ekologi primata tropis yang cenderung bergantung pada ketersediaan pakan dan kondisi iklim mikro yang stabil (Elith *et al.*, 2011; Phillips *et al.*, 2006; Shi *et al.*, 2023).

## Kesimpulan

Penelitian ini memprediksi sebaran potensial famili Cercopithecidae di Taman Nasional Batang Gadis (TNBG) menggunakan model MaxEnt dengan akurasi tinggi (AUC 0,946). Hasil pemodelan menunjukkan bahwa distribusi Cercopithecidae dikendalikan oleh kombinasi faktor iklim, topografi, dan penggunaan lahan, dengan variabel dominan yaitu lahan pertanian tadah hujan, arah lereng timur, dan curah hujan kuartal terdingin (BIO19). Area dengan tingkat kesesuaian habitat tinggi terkonsentrasi di bagian selatan hingga tengah TNBG, meliputi wilayah Resort Sopotinjak, Resort Muara Bangko, dan sebagian Resort Sibinong, dengan luas mencapai ±18.764 hektar atau sekitar 3,6% dari total kawasan taman nasional. Wilayah ini memiliki tutupan vegetasi rapat dan tekanan antropogenik rendah, menjadikannya area penting bagi kelangsungan populasi Cercopithecidae. Temuan ini menegaskan bahwa famili tersebut bergantung pada kestabilan iklim mikro dan ketersediaan vegetasi alami, sehingga area dengan kesesuaian tinggi perlu dijadikan zona prioritas konservasi, sedangkan penelitian lanjutan disarankan mengintegrasikan analisis konektivitas habitat dan proyeksi perubahan iklim untuk mendukung pengelolaan konservasi yang adaptif di TNBG.

## References

- Ceresa, F., Kranebitter, P., Monrós, J. S., Rizzolli, F., & Brambilla, M. (2021). Disentangling Direct and Indirect Effects of Local Temperature on Abundance of Mountain Birds and Implications for Understanding. *PeerJ*, 9, 1–18. <https://doi.org/10.7717/peerj.12560>
- Condro, A. A., Prasetyo, L. B., Rushayati, S. B., Santikayasa, I. P., & Iskandar, E. (2021). *Predicting Hotspots and Prioritizing Protected Areas for Endangered Primate Species in Indonesia under Changing*. <https://doi.org/10.3390/biology10020154>
- Dorji, T., Linke, S., & Sheldon, F. (2020). Optimal Model Selection for Maxent: a Case Of Freshwater Species Distribution Modelling In Bhutan, a Data Poor Country. In *Authorea* (Issue Phillips 2017, pp. 1–25). <https://doi.org/10.22541/au.160551779.93380163/v1>
- Dwiyahreni, A. A., Fuad, H. A. H., Muhtar, S., Soesilo, T. E. B., Margules, C., & Supriatna, J. (2021). Changes In the Human Footprint in And Around Indonesia’s Terrestrial National Parks Between 2012 and 2017. *Scientific Reports*, 11(1), 4510. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83586-2>

- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical Explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43–57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725>
- Estrada, A., Garber, P. A., Rylands, A. B., Roos, C., Fernandez-Duque, E., Di Fiore, A., Nekaris, K. A.-I., Nijman, V., Heymann, E. W., Lambert, J. E., Rovero, F., Barelli, C., Setchell, J. M., Gillespie, T. R., Mittermeier, R. A., Arregoitia, L. V., de Guinea, M., Gouveia, S., Dobrovolski, R., Li, B. (2017). Impending Extinction Crisis of The World's Primates: Why primates matter. *Science Advances*, 3(1), 1–16. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600946>
- Firjatullah, F., Rizaldi, R., & Novarino, W. (2024). Jurnal Biologi Universitas Andalas. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 12(2), 97–105.
- Fourcade, Y., Ranius, T., & Öckinger, E. (2017). Temperature Drives Abundance Fluctuations, But Spatial Dynamics Is Constrained by Landscape Configuration: Implications for Climate Driven Range Shift in A Butterfly. *Journal of Animal Ecology*, 86(6), 1339–1351. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12740>
- Gadis, B. T. N. B. (2020). *Rencana Pengelolaan Jangka Panjang Taman Nasional Batang Gadis 2020–2029*. Balai Taman Nasional Batang Gadis.
- Hansen, M. F., Ang, A., Trinh, T. T. H., Sy, E., Paramasivam, S., Ahmed, T., Dimalibot, J., Jones-Engel, L., Ruppert, N., Griffioen, C., Lwin, N., Phiapalath, P., Gray, R., Kite, S., Doak, N., Nijman, V., Fuentes, A., & Gumert, M. D. (2022). *Macaca fascicularis*, Long tailed Macaque. *The IUCN Red List of Threatened Species*TM, 1–22.
- Huang, E., Chen, Y., Fang, M., Zheng, Y., & Yu, S. (2021). Environmental Drivers of Plant Distributions at Global and Regional Scales. *Global Ecology and Biogeography*, 30(3), 697–709. <https://doi.org/10.1111/geb.13251>
- Javidan, N., Kaviani, A., Pourghasemi, H. R., Conoscenti, C., Jafarian, Z., & Rodrigo-Comino, J. (2021). Evaluation of Multi-Hazard Map Produced Using MaxEnt Machine Learning Technique. *Scientific Reports*, 11(1), 6496. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85862-7>
- Jiménez-Valverde, A. (2022). The uniform AUC: Dealing with the Representativeness Effect in Presence–Absence Models. *Methods in Ecology and Evolution*, 13(6), 1224–1236. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13826>
- Kartawinata, K., Samsudin, I., Heriyanto, M., & Afriastini, J. J. (2004). A Tree Species Inventory in A One-Hectare Plot at The Batang Gadis National Park, North Sumatra, Indonesia. *Taxonomic Botany, Plant Sociology and Ecology*, 12(2), 145–157.
- Karyanto, P., Bagasta, A. R., & Nuri, T. S. K. (2023). *Teori dan Praktik Analisis Ekologi Dengan Maxent* (Preorder). UNS Press.
- Kehutanan, K. (2014). *Penetapan kawasan Taman Nasional Batang Gadis seluas 72.803,75 hektar di Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatera Utara*. Kementerian Kehutanan.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, D. J. K. (2025). *Laporan Hasil Pemantauan SMART Patrol Balai Taman Nasional Batang Gadis Tahun 2025*. <https://ksdae.or.id/berita/8017/Patrol-SMART-RBM-Balai-Taman-Nasional-Batang-Gadis.html>
- Kim, J. H. (2020). Multicollinearity and Misleading Statistical Results. *Korean Journal of Anesthesiology*, 72(6), 558–569. <https://doi.org/10.4097/kja.19087>
- Kuswanda, W., Hutapea, F. J., Saputra, M. H., & Nopandry, B. (2023). Species Distribution Model for the Asian Tapir and Vegetation Characteristics of Batang Gadis National Park, North Sumatra, Indonesia. *Tropical Life Sciences Research*, 34(2), 57–80. <https://doi.org/10.21315/tlsr2023.34.2.4>
- Margono, B. A., Turbanova, S., Zhuravleva, I., Potapov, P., Tyukavina, A., Baccini, A., Goetz, S., & Hansen, M. C. (2012). Mapping and monitoring deforestation and forest degradation in Sumatra

- (Indonesia) using Landsat time series data sets from 1990 to 2010. *Environmental Research Letters*, 7(3), 1–4. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/3/034010>
- Morales, N. S., Fernández, I. C., & Baca-González, V. (2017). MaxEnt's Parameter Configuration and Small Samples: Are We Paying Attention to Recommendations? A Systematic Review. *PeerJ*, 5(3), e3093. <https://doi.org/10.7717/peerj.3093>
- Muscatello, A., Elith, J., & Kujala, H. (2020). *How Decisions About Fitting Species Distribution Models Affect Conservation Outcomes School of Biosciences , The University Of Melbourne, Parkville VIC 3010 , Australia Finnish Museum of Natural History , University of Helsinki , FI-00140 Helsinki , Finl.* <https://doi.org/10.1111/cobi.13669>.This
- Nasution, A., Chikmawati, T., Walujo, E., & Zuhud, E. (2018). Ethnobotany of MandailingTribe in Batang Gadis National Park. *Journal of Tropical Life Science*, 8(1), 48–54. <https://doi.org/10.11594/jtls.08.01.09>
- Novoseltseva, Y. (2024). Species Distribution Modelling Using Maxent: Overview and Prospects. *Theriologia Ukrainica*, 2024(28), 102–112. <https://doi.org/10.53452/TU2809>
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions. *Ecological Modelling*, 190(3–4), 231–259.
- Rambe, I. F., Rambey, R., & Siregar, S. (2021). Species Diversity, Abundance, And Wildlife Conservation Status in Batang Gadis National Park, North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(11), 1–5. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221157>
- Shi, Y., Cheng, Z., Zeng, J., Du, X., Cao, S., Bao, X., & Song, S. (2023). Prediction of the Potential Geographic Distribution of Golden Snub-Nosed Monkey (*Rhinopithecus roxellana*) in Yuhe National Nature Reserve by Maxent. *Biologia*, 78(12), 3579–3589. <https://doi.org/10.1007/s11756-023-01497-1>
- Steiner, M., & Huettmann, F. (2025). Progress on the World's Primate Hotspots and Coldspots: Modeling Ensemble Super Sdms in Cloud-Computers Based on Digital Citizen-Science Big Data And 200+ Predictors for More Sustainable Conservation Planning. In *Ecological Processes* (Vol. 14, Issue 1). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1186/s13717025-00614-z>
- Supriatna, J., Dwiyahreni, A. A., Winarni, N., Mariati, S., & Margules, C. (2017). Deforestation of Primate Habitat on Sumatra and Adjacent Islands, Indonesia. *Primate Conservation*, 31(1), 71–82.