

# Pemodelan Spasial Distribusi Anggrek Ki Aksara (*Macodes petola*) di Pulau Jawa Berbasis Maxent

Agung Rahmat Gunawan, Diana Hernawati, dan Rita Fitriani\*

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Siliwangi, Indonesia; e-mail: [ritafitriani@unsil.ac.id](mailto:ritafitriani@unsil.ac.id)

## ABSTRAK

Anggrek ki aksara (*Macodes petola*) adalah spesies anggrek terestrial yang populasinya semakin menurun akibat eksploitasi berlebihan dan tekanan lingkungan, sehingga rentan terancam kepunahan. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi wilayah potensial keberadaan *Macodes petola* di Pulau Jawa serta mengidentifikasi faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap distribusinya. Metode yang digunakan adalah pendekatan *Species Distribution Modeling* (SDM) menggunakan aplikasi Maxent. Wilayah kajian dalam penelitian ini mencakup seluruh Pulau Jawa, dengan data kehadiran spesies berupa 14 titik koordinat *Macodes petola* yang diperoleh dari observasi langsung di wilayah Gunung Galunggung serta data sekunder dari GBIF dan studi literatur. Variabel lingkungan yang digunakan meliputi elevasi, slope, aspect, suhu, curah hujan, pH tanah, indeks vegetasi, dan tutupan lahan. Hasil pemodelan menunjukkan kinerja model yang sangat baik dengan nilai AUC sebesar 0,943. Wilayah dengan potensi distribusi tinggi berada di kawasan pegunungan seperti Gunung Gede Pangrango, Gunung Ciremai, dan Gunung Salak. Variabel lingkungan dengan kontribusi terbesar terhadap model adalah jenis tutupan lahan (49,7%), suhu minimum bulan terdingin (24,8%), dan curah hujan musiman (12%). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model Maxent mampu mengidentifikasi habitat potensial *Macodes petola* di Pulau Jawa dan dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan lokasi survei, pemantauan populasi, serta prioritas konservasi habitat spesies tersebut.

**Kata kunci:** *Macodes petola*, Pemodelan Distribusi Spesies, Maxent, Kesesuaian Habitat, Pulau Jawa

## ABSTRACT

The ki aksara orchid (*Macodes petola*) is a terrestrial orchid species whose population is declining due to overexploitation and environmental pressures, making it vulnerable to extinction. This study aims to predict the potential areas of *Macodes petola* existence in Java Island and identify environmental factors that influence its distribution. The method used is the *Species Distribution Modeling* (SDM) approach using the Maxent application. The study area in this study covers the entire island of Java, with species presence data in the form of 14 *Macodes petola* coordinate points obtained from direct observation in the Mount Galunggung area as well as secondary data from GBIF and literature studies. Environmental variables used include elevation, slope, aspect, temperature, rainfall, soil pH, vegetation index, and land cover. The modeling results show excellent model performance with an AUC value of 0.943. Areas with high distribution potential are in mountainous areas such as Mount Gede Pangrango, Mount Ciremai, and Mount Salak. The environmental variables with the largest contribution to the model are land cover type (49.7%), minimum temperature of the coldest month (24.8%), and seasonal rainfall (12%). The results of this study indicate that the Maxent model is able to identify potential habitats for *Macodes petola* on Java Island and can be used as a basis for determining survey locations, population monitoring, and prioritizing habitat conservation for this species.

**Keywords:** *Macodes petola*, Species Distribution Modeling, Maxent, Habitat Suitability, Java Island

**Citation:** Gunawan, A. R., Hernawati, D., dan Fitriani, R. (2026). Pemodelan Spasial Distribusi Anggrek Ki Aksara (*Macodes petola*) di Pulau Jawa Berbasis Maxent. Jurnal Ilmu Lingkungan, 24(2), 341-349, doi:10.14710/jil.24.2.341-349

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi, termasuk dalam keluarga anggrek atau *Orchidaceae* (Clarissa & Halim, 2019). Salah satu spesies anggrek terestrial yang langka dan bernilai tinggi di Indonesia adalah *Macodes petola*, yang juga dikenal dengan nama anggrek Ki Aksara. Spesies ini memiliki pola urat daun berwarna emas yang membentuk garis-garis

menyerupai tulisan atau aksara, sehingga memiliki daya tarik visual yang tinggi (Comber, 1990). Selain itu, *Macodes petola* juga dilaporkan memiliki potensi sebagai tanaman obat, yaitu untuk penurun demam dan penghambat sel kanker (Nurfadilah, 2020). Namun, saat ini populasinya semakin menurun di habitat alaminya akibat eksploitasi yang berlebihan.

Penurunan populasi *Macodes petola* tidak hanya disebabkan oleh eksploitasi, tetapi juga oleh faktor

kerusakan lingkungan (Nao et al., 2022), dan perubahan iklim yang mengubah karakteristik habitatnya (Prasetyo et al., 2021). Kondisi tersebut menyebabkan spesies ini masuk dalam status Appendix II pada Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES), yang menunjukkan bahwa perdagangan internasional spesies ini harus diawasi agar tidak mengancam kelestarian populasinya (CITES, 2025). Perlindungan anggrek ini juga diatur oleh pemerintah Indonesia yang termaktub dalam Peraturan Pemerintah Nomor 7 Tahun 1999 tentang pengawetan tumbuhan dan satwa. Oleh karena itu, perlu adanya upaya konservasi untuk menjaga kelestarian spesies ini, terutama di Pulau Jawa yang menjadi salah satu habitat alaminya.

Pulau Jawa dipilih sebagai wilayah kajian karena selain merupakan habitat alami *Macodes petola*, wilayah ini juga menghadapi tekanan antropogenik yang tinggi akibat kepadatan penduduk (Rinandio et al., 2022), konversi lahan (Putri et al., 2024), dan fragmentasi hutan yang terus berlangsung (Gunawan et al., 2024). Kondisi tersebut berpotensi mengurangi ketersediaan habitat yang sesuai bagi spesies ini. Selain itu, tingginya nilai ekonomi dan daya tarik *Macodes petola* sebagai tanaman hias berpotensi meningkatkan tekanan eksploitasi dari habitat alaminya (Kamila et al., 2022), sehingga diperlukan informasi mengenai potensi distribusinya sebagai dasar penyusunan strategi konservasi yang lebih efektif.

Pulau Jawa merupakan salah satu wilayah dengan jumlah spesies tumbuhan tertinggi di Indonesia (Retnowati et al., 2019), namun juga merupakan salah satu wilayah dengan tekanan terhadap habitat alami yang sangat tinggi. Meskipun kaya akan biodiversitas, Pulau Jawa juga menghadapi tekanan ekologis yang tinggi. Selama tiga dekade terakhir, wilayah ini mengalami peningkatan suhu yang signifikan, sehingga menyebabkan perubahan iklim (Prasetyo et al., 2021). Perubahan iklim ini turut dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti perubahan kelembaban udara, curah hujan, arah angin, dan intensitas radiasi matahari (Sunarmi et al., 2022) yang berdampak langsung terhadap perubahan kondisi habitat alami spesies, termasuk *Macodes petola*. Oleh karena itu, diperlukan pemodelan spasial untuk mengetahui potensi distribusi *Macodes petola* dan mengidentifikasi habitat yang sesuai guna mendukung upaya konservasi di Pulau Jawa.

Salah satu metode yang dapat digunakan adalah pemodelan distribusi spesies berbasis Maxent (Maximum Entropy), yang telah terbukti akurat dalam memprediksi distribusi spesies berdasarkan data kehadiran dan variabel lingkungan (Ahmadi et al., 2023; Phillips & Dudík, 2008). Dibandingkan dengan beberapa metode Species Distribution Modeling (SDM) lainnya, Maxent memiliki keunggulan karena mampu menghasilkan prediksi yang baik hanya dengan menggunakan data kehadiran spesies (presence-only data) (Valencia-Rodríguez et al., 2021), sehingga berpotensi digunakan untuk spesies langka seperti *Macodes petola* yang memiliki keterbatasan data distribusi. Selain itu, Maxent juga diketahui memiliki tingkat akurasi yang tinggi meskipun menggunakan jumlah titik kehadiran yang relatif sedikit (Bean et al., 2012; Maitner et al., 2026).

2021), sehingga berpotensi digunakan untuk spesies langka seperti *Macodes petola* yang memiliki keterbatasan data distribusi. Selain itu, Maxent juga diketahui memiliki tingkat akurasi yang tinggi meskipun menggunakan jumlah titik kehadiran yang relatif sedikit (Bean et al., 2012; Maitner et al., 2026).

Berbagai studi terdahulu telah berhasil mengaplikasikan Maxent dalam memetakan distribusi spesies langka di berbagai wilayah tropis (Lannuzel et al., 2021; Rambey et al., 2025). Namun, hingga saat ini belum ada kajian yang secara khusus memodelkan potensi distribusi *Macodes petola* di Pulau Jawa. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memetakan wilayah potensial keberadaan *Macodes petola* di Pulau Jawa serta mengidentifikasi faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap distribusinya. Informasi yang dihasilkan diharapkan dapat mendukung upaya konservasi melalui identifikasi habitat potensial, penentuan area prioritas perlindungan, serta penyusunan strategi pengelolaan habitat yang lebih efektif bagi keberlangsungan populasi *Macodes petola* di Pulau Jawa. Hasil penelitian ini akan memberikan kontribusi ilmiah dalam pengelolaan keanekaragaman hayati dan menjadi dasar penyusunan strategi konservasi spesies yang terancam.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Lokasi Kajian

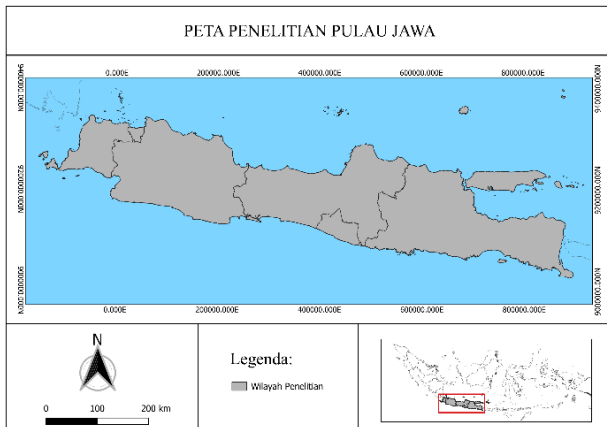
Wilayah kajian penelitian ini adalah Pulau Jawa, Indonesia yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Pulau Jawa memiliki iklim tropis, menjadikan wilayah ini sebagai habitat berbagai spesies. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem (Ditjen KSDAE), terdapat 114 kawasan konservasi di Pulau Jawa. Dari data tersebut menjadikan pulau ini rumah bagi sebagian besar spesies tumbuhan di Indonesia, terutama keluarga anggrek. Pulau Jawa menjadi habitat bagi 142 spesies anggrek endemik, menjadikan keluarga anggrek sebagai tumbuhan dengan jumlah spesies endemik tertinggi di wilayah ini (Rinandio et al., 2022).

### 2.2. Metode

Jenis penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan metode Species Distribution Modeling (SDM) berbasis Maxent. Penelitian ini menggunakan beberapa perangkat lunak sebagai alat bantu analisis data, yaitu laptop sebagai perangkat utama, QGIS versi 3.38.12 untuk pengolahan data variabel lingkungan, Microsoft Excel untuk input dan tabulasi data, serta Maxent 3.4.4 sebagai perangkat lunak pemodelan distribusi spesies. Pada konfigurasi Maxent, pemodelan dilakukan sebanyak 5 replikasi menggunakan metode cross-validation dengan opsi random seed aktif.

Metode cross-validation digunakan untuk mengevaluasi konsistensi dan performa model melalui pembagian data secara bergantian antara data pelatihan dan data pengujian pada setiap replikasi. Selain itu, opsi create response curves dan do

jackknife to measure variable importance diaktifkan untuk menganalisis respons spesies terhadap variabel lingkungan serta mengukur tingkat kepentingan masing-masing variabel dalam model. Variabel tutupan lahan (MODIS) dan slope ditetapkan sebagai data kategorik, sedangkan variabel lainnya diperlakukan sebagai data kontinu. Parameter lainnya menggunakan pengaturan bawaan (default) Maxent versi 3.4.4.



**Gambar 1.** Wilayah Kajian Pemodelan Distribusi *Macodes petola* di Pulau Jawa

Evaluasi model dilakukan dengan cara melihat nilai AUC yang diperoleh berdasarkan hasil pengolahan data pada Maxent. Jika nilainya di bawah 0,5 maka model dianggap tidak dapat diterima, nilai antara 0,5 hingga 0,7 menunjukkan akurasi yang rendah, nilai antara 0,7 hingga 0,9 menunjukkan model dengan akurasi sedang, dan nilai  $> 0,9$  menunjukkan model dengan akurasi tinggi (Swets 1988).

### 2.3. Data Kehadiran Spesies

Data kehadiran *Macodes petola* diperoleh melalui data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan di wilayah Gunung Galunggung, Tasikmalaya, sedangkan data sekunder diperoleh dari basis data Global Biodiversity Information Facility (GBIF) dan studi literatur yang melaporkan keberadaan *Macodes petola* di Pulau Jawa. Secara keseluruhan, terdapat 14 titik kehadiran spesies yang digunakan dalam pemodelan, terdiri atas 6 titik dari GBIF, 5 titik dari studi literatur, dan 3 titik hasil observasi lapangan.

Pada tahap observasi lapangan, diperoleh sebanyak 35 titik koordinat, yang terdiri atas 9 titik di area Curug Pamutuh dan 26 titik di area Curug Ciparay. Selanjutnya dilakukan proses pembersihan data (data cleaning) untuk mengurangi bias spasial akibat keberadaan titik yang terlalu berdekatan. Dalam pemodelan Maxent, titik kehadiran yang terkonsentrasi pada lokasi tertentu dapat menyebabkan model memberikan bobot berlebih pada kondisi lingkungan di lokasi tersebut sehingga menghasilkan prediksi yang bias (Kramer-Schadt et al., 2013). Oleh karena itu, dilakukan penyaringan spasial (spatial filtering) dengan menghapus titik-titik

yang memiliki jarak kurang dari 1 km dari titik lainnya sehingga hanya satu titik yang dipertahankan pada setiap radius 1 km. Jarak minimum 1 km dipilih karena disesuaikan dengan resolusi data lingkungan yang digunakan dalam penelitian. Proses seleksi dilakukan dengan mengukur jarak antar titik koordinat menggunakan Google Maps sehingga diperoleh 3 titik observasi yang digunakan dalam analisis.

Proses seleksi dilakukan dengan mengukur jarak antar titik koordinat menggunakan Google Maps sehingga diperoleh 3 titik observasi yang digunakan dalam analisis. Seluruh titik hasil observasi, data GBIF, dan data literatur kemudian digabungkan menjadi satu basis data kehadiran spesies untuk pemodelan Maxent. Penggunaan data kehadiran dari berbagai sumber dilakukan untuk mengurangi bias sampling yang mungkin muncul apabila data hanya berasal dari satu lokasi pengamatan (Zurell et al., 2020). Dari total 14 titik kehadiran yang digunakan dalam pemodelan, hanya 3 titik berasal dari hasil observasi lapangan di Gunung Galunggung, sedangkan 11 titik lainnya diperoleh dari basis data GBIF dan studi literatur yang melaporkan keberadaan *Macodes petola* di berbagai lokasi di Pulau Jawa. Dengan demikian, model yang dihasilkan tidak hanya merepresentasikan kondisi lingkungan di Gunung Galunggung, tetapi juga mencerminkan variasi habitat spesies pada wilayah kajian yang lebih luas.

### 2.4. Variabel Lingkungan

Variabel lingkungan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi elevasi, slope, aspect, suhu rata-rata tahunan (BIO1), suhu rata-rata bulanan (BIO2), suhu maksimum bulan terhangat (BIO5), suhu minimum bulan terdingin (BIO6), curah hujan tahunan (BIO12), curah hujan bulan terbasah (BIO13), curah hujan bulan terkering (BIO14), curah hujan musiman (BIO15), indeks vegetasi (NDVI), tutupan lahan (MODIS), dan pH tanah. Variabel tersebut dipilih berdasarkan karakteristik habitat *Macodes petola* yang dilaporkan dalam berbagai studi sebelumnya.

Data suhu (BIO1, BIO2, BIO5, dan BIO6) serta data curah hujan (BIO12, BIO13, BIO14, dan BIO15) diperoleh dari basis data WorldClim. Data elevasi diperoleh dari Digital Elevation Model (DEM) yang diunduh melalui United States Geological Survey (USGS), sedangkan variabel slope dan aspect diturunkan dari data elevasi menggunakan perangkat lunak QGIS. Data tutupan lahan (MODIS) dan indeks vegetasi (NDVI) diperoleh dari USGS, sedangkan data pH tanah diperoleh dari Geoaccess Indonesia. Seluruh layer lingkungan dipotong sesuai batas wilayah Pulau Jawa dan diseragamkan resolusi spasialnya sebelum dikonversi ke format ASCII dan digunakan dalam pemodelan Maxent.

Penelitian ini tidak melakukan seleksi variabel berbasis korelasi sebelum pemodelan. Seluruh variabel lingkungan dipertahankan karena masing-masing mewakili aspek lingkungan yang berbeda

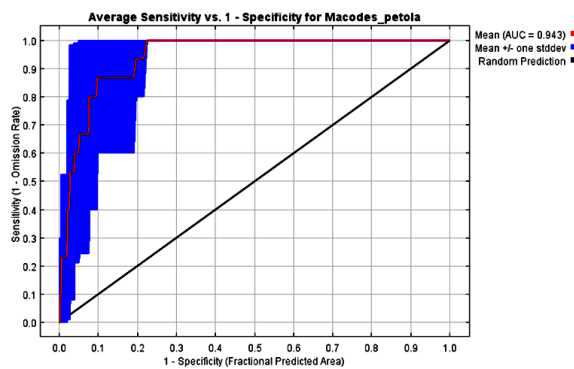
yang berpotensi memengaruhi distribusi *Macodes petola*, meliputi faktor topografi, iklim, kondisi tanah, serta karakteristik vegetasi dan tutupan lahan.

Meskipun beberapa variabel bioklimatik berpotensi memiliki korelasi, variabel tersebut tetap digunakan karena merepresentasikan karakteristik iklim yang berbeda, seperti suhu rata-rata tahunan (BIO1), suhu rata-rata bulanan (BIO2), suhu maksimum bulan terhangat (BIO5), suhu minimum bulan terdingin (BIO6), serta variasi curah hujan tahunan dan musiman. Oleh karena itu, seluruh variabel yang relevan secara ekologis tetap dipertahankan dalam pemodelan untuk mengeksplorasi kontribusinya terhadap kesesuaian habitat *Macodes petola*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Nilai AUC

Hasil pemodelan Maxent menghasilkan nilai rata-rata AUC sebesar >0,9 yang menandakan bahwa model yang dihasilkan memiliki akurasi yang tinggi, dan model tersebut akan sangat akurat untuk memprediksi habitat *Macodes petola*. Grafik kurva ROC ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Kurva ROC

#### 3.2. Kontribusi Variabel Lingkungan

Hasil pemodelan Maxent menunjukkan bahwa setiap variabel lingkungan memiliki tingkat kontribusi yang berbeda dalam menentukan potensi distribusi *Macodes petola*. Variabel dengan kontribusi terbesar adalah jenis tutupan lahan (MODIS) dengan nilai 49,7%, diikuti oleh suhu minimum tahunan (BIO6) sebesar 24,8%, yang menunjukkan pengaruh besar terhadap habitat *Macodes petola*. Variabilitas curah hujan (BIO15) memberikan kontribusi 12%.

Variabel suhu rata-rata tahunan (BIO1) sebesar 5,4%, diikuti oleh variabel *aspect* yang memiliki kontribusi sebesar 3,2%, kemudian curah hujan tahunan (BIO12) sebesar 2,4%, dan elevasi sebesar 1,2%. Beberapa variabel lainnya, seperti suhu maksimum tahunan (BIO5) sebesar 0,8%, curah hujan bulan terkering (BIO14) 0,1%, dan suhu rata-rata bulanan (BIO2) 0,1% memberikan kontribusi yang lebih kecil. Sementara itu variabel NDVI, *slope*, dan BIO13 tidak memiliki kontribusi dalam model. Tabel 1 menunjukkan kontribusi setiap variabel lingkungan.

Selain nilai kontribusi, permutation importance menunjukkan bahwa suhu minimum bulan terdingin (BIO6) memiliki pengaruh terbesar terhadap kinerja model dengan nilai 52,7%, diikuti oleh curah hujan musiman (BIO15) sebesar 23,5% dan jenis tutupan lahan (MODIS) sebesar 17,7%. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun tutupan lahan memberikan kontribusi terbesar selama proses pembentukan model, suhu minimum bulan terdingin memiliki informasi yang paling penting dalam mempertahankan kemampuan prediksi model berdasarkan nilai permutation importance yang mengukur penurunan performa model ketika suatu variabel diacak (Phillips et al., 2017).

Tabel 1. Kontribusi Variabel Lingkungan

| Kode          | Variabel Lingkungan           | Kontribusi (%) | Permutation Importance |
|---------------|-------------------------------|----------------|------------------------|
| MODIS         | Jenis tutupan lahan           | 49,7           | 17,7                   |
| BIO6          | Suhu minimum bulan terdingin  | 24,8           | 52,7                   |
| BIO15         | Curah hujan musiman           | 12             | 23,5                   |
| BIO1          | Suhu rata-rata tahunan        | 5,4            | 0                      |
| <i>Aspect</i> | Arah lereng                   | 3,2            | 2,6                    |
| BIO12         | Curah hujan tahunan           | 2,4            | 0                      |
| Elevasi       | Ketinggian                    | 1,2            | 1,7                    |
| BIO5          | Suhu maksimum bulan terhangat | 0,8            | 0                      |
| pH            | pH tanah                      | 0,4            | 0,6                    |
| BIO14         | Curah hujan bulan terkering   | 0,1            | 0,3                    |
| BIO2          | Suhu rata-rata bulanan        | 0,1            | 0,5                    |
| NDVI          | Indeks vegetasi               | 0              | 0,4                    |
| <i>Slope</i>  | Kelerengan                    | 0              | 0                      |
| BIO13         | Curah hujan bulan terbasah    | 0              | 0                      |

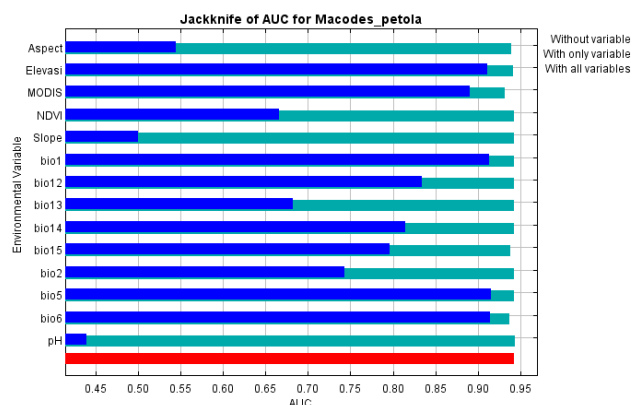
#### 3.3. Uji Jackknife

Uji *jackknife* berfungsi untuk menunjukkan variabel lingkungan yang berpengaruh terhadap model yang dihasilkan oleh Maxent, baik secara individual ataupun tanpa variabel. Hasil uji *jackknife* menunjukkan bahwa ada lima variabel yang paling berpengaruh yaitu elevasi, MODIS, suhu rata-rata tahunan (BIO1), suhu maksimum bulan terhangat (BIO5), dan suhu minimum bulan terdingin (BIO6).

Hasil juga menunjukkan bahwa hasil uji *jackknife* tidak selalu sejalan dengan nilai kontribusi variabel (*percent contribution*) pada Tabel 1 karena kedua parameter tersebut mengukur aspek yang berbeda dalam model Maxent. Nilai kontribusi menunjukkan besarnya peran suatu variabel selama proses pembentukan model, sedangkan uji *jackknife* mengevaluasi informasi unik yang dimiliki oleh setiap variabel. Oleh karena itu, meskipun elevasi hanya memiliki kontribusi sebesar 1,2%, hasil *jackknife* menunjukkan bahwa variabel tersebut tetap memberikan informasi lingkungan yang penting bagi distribusi *Macodes petola*. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sebagian pengaruh elevasi kemungkinan telah direpresentasikan oleh variabel lingkungan lain yang berkorelasi, seperti suhu dan curah hujan, namun elevasi tetap memberikan informasi tambahan yang relevan bagi model. Semakin panjang batang biru, semakin kuat variabel

tersebut dalam memprediksi distribusi *Macodes petola* jika digunakan secara individu.

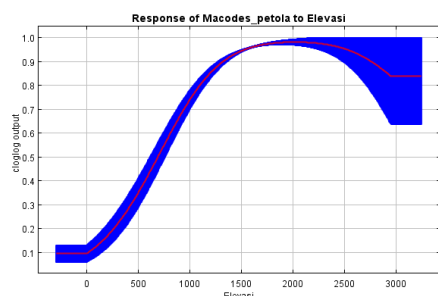
Sementara itu variabel *aspect*, *slope*, dan pH tanah memiliki batang biru paling pendek, artinya variabel ini kurang berpengaruh dan tidak dapat dijadikan prediktor utama jika digunakan secara individu. Kemudian jika variabel ini dihilangkan, maka akan mempengaruhi nilai AUC model yang ditunjukkan oleh batang berwarna hijau. Batang berwarna merah menunjukkan nilai AUC ketika semua variabel lingkungan digunakan secara bersama-sama. Gambar 3 menunjukkan uji jackknife terhadap nilai AUC.



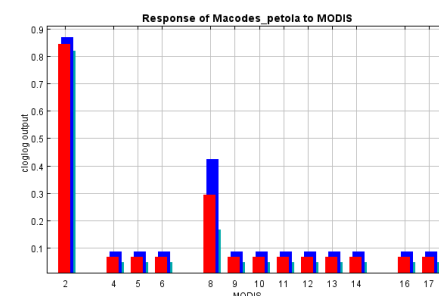
Gambar 3. Uji Jackknife Terhadap Nilai AUC

### 3.4. Kurva Variabel Lingkungan

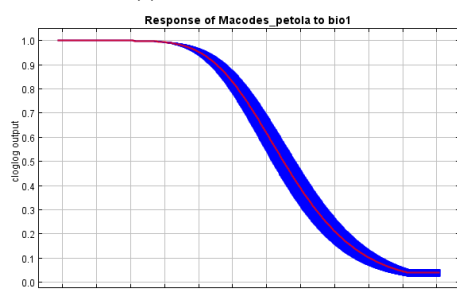
Berdasarkan hasil kurva respon dari aplikasi Maxent, *Macodes petola* cenderung tumbuh pada wilayah dengan tutupan vegetasi yang rapat, terutama kawasan hutan. Kurva elevasi menunjukkan bahwa probabilitas keberadaan spesies meningkat seiring bertambahnya ketinggian hingga mencapai kondisi optimum pada kisaran sekitar 1.500–2.500 m di atas permukaan laut. Selain itu, spesies ini cenderung ditemukan pada suhu rata-rata tahunan (BIO1) sekitar 8–16°C, suhu maksimum bulan terhangat (BIO5) sekitar 12–22°C, dan suhu minimum bulan terdingin (BIO6) sekitar 4–12°C. Variabel curah hujan musiman (BIO15) menunjukkan bahwa probabilitas keberadaan *Macodes petola* cenderung menurun seiring meningkatnya variasi curah hujan tahunan. Kurva variabel lingkungan dapat dilihat pada Gambar 4.



(a) Kurva Variabel Elevasi



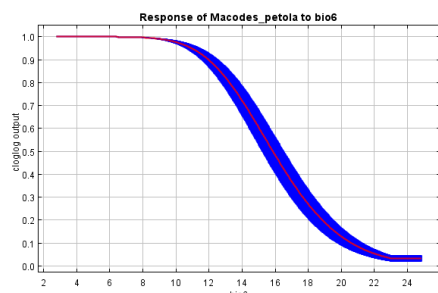
(b) Kurva Variabel MODIS



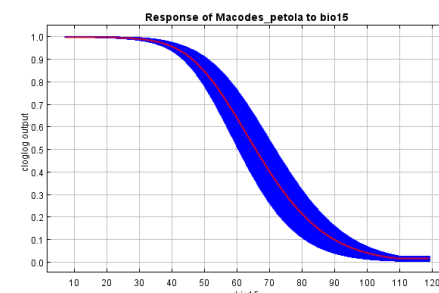
(c) Kurva Variabel BIO1



(d) Kurva Variabel BIO5



(e) Kurva Variabel BIO6



(f) Kurva Variabel BIO15

Gambar 4. Kurva Variabel Lingkungan

### 3.5. Peta Potensi Distribusi

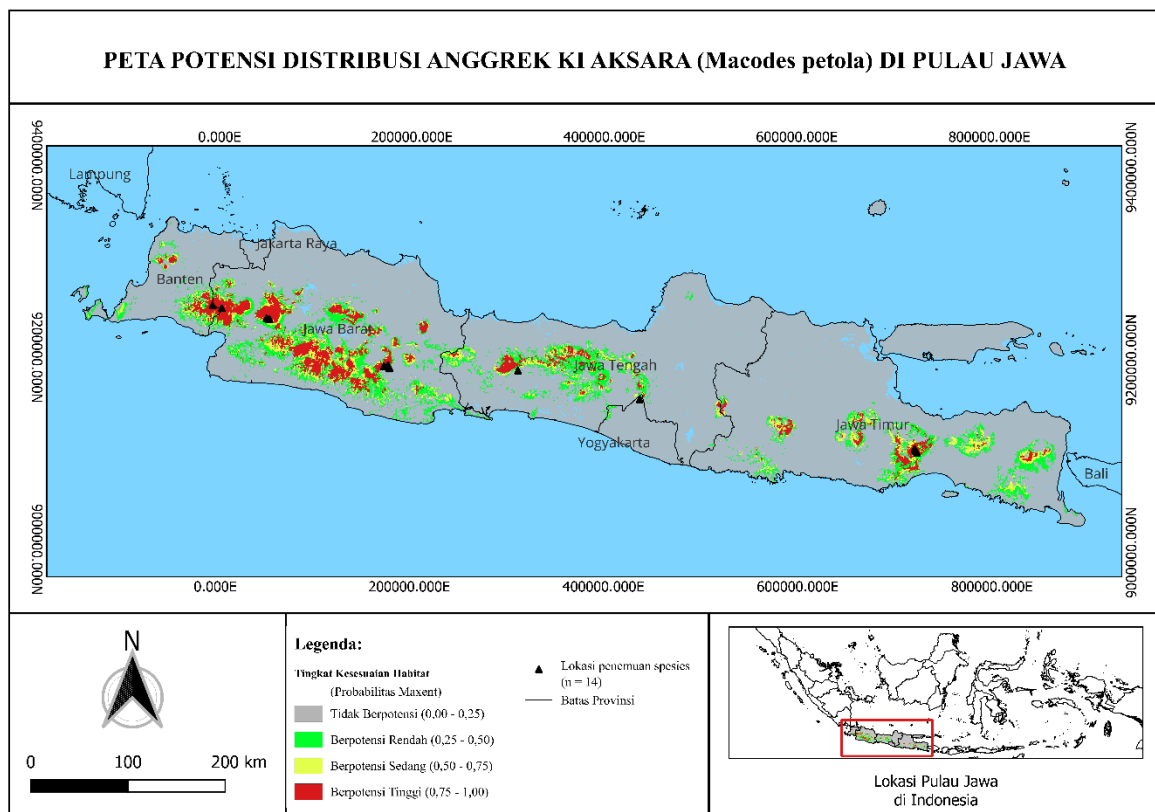
Peta yang dihasilkan oleh pemodelan Maxent menunjukkan wilayah yang berpotensi menjadi habitat *Macodes petola*, sampai wilayah yang tidak berpotensi sama. Hasil pemodelan Maxent menunjukkan bahwa sebagian kecil wilayah di Pulau Jawa berpotensi sebagai habitat *Macodes petola* yang ditunjukkan oleh warna merah, sedangkan warna abu-abu adalah wilayah yang tidak berpotensi untuk habitat *Macodes petola*. Wilayah yang berpotensi untuk habitat *Macodes petola* cenderung terletak pada wilayah pegunungan dengan indeks vegetasi yang tinggi. Gambar 5 menunjukkan peta potensi distribusi *Macodes petola* di Pulau Jawa.

### 3.6. Pembahasan

Hasil pemodelan menggunakan aplikasi Maxent menunjukkan kinerja model yang sangat baik, ditunjukkan oleh nilai AUC (Area Under Curve) sebesar 0,943. Nilai ini mengindikasikan bahwa kemampuan model dalam membedakan habitat yang sesuai dan tidak sesuai bagi *Macodes petola* tergolong sangat tinggi. Nilai AUC yang tinggi menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan diskriminasi yang baik dalam memprediksi kesesuaian habitat spesies (Phillips & Dudík, 2008). Meskipun demikian, interpretasi nilai AUC perlu dilakukan secara hati-hati karena Maxent menggunakan data kehadiran (presence-only data) dan titik latar (background points) sebagai pembanding. Penilaian kinerja model

tidak hanya didasarkan pada nilai AUC, tetapi juga mempertimbangkan kesesuaian ekologis hasil prediksi dan kontribusi variabel lingkungan dalam model (Feng et al., 2019; Zurell et al., 2020). Oleh karena itu, model yang dihasilkan memiliki kemampuan yang baik dalam mengidentifikasi habitat potensial *Macodes petola* dan dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam penentuan lokasi survei lanjutan, prioritas konservasi, serta pengelolaan habitat spesies ini.

Analisis terhadap variabel lingkungan menunjukkan bahwa jenis tutupan lahan merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap distribusi *Macodes petola* di Pulau Jawa. Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan spesies tersebut sangat bergantung pada kondisi vegetasi yang mampu mempertahankan kelembapan dan kestabilan iklim mikro habitat. Kondisi tersebut sesuai dengan karakteristik ekologis *Macodes petola* sebagai anggrek terestrial yang umumnya tumbuh pada lantai hutan yang teduh dan lembap (Besi et al., 2023; Nao et al., 2022). Berdasarkan pola spasial hasil pemodelan, area dengan tingkat kesesuaian habitat tinggi diprediksi terkonsentrasi pada beberapa kawasan pegunungan di Pulau Jawa, seperti Gunung Gede Pangrango, Gunung Salak, dan Gunung Ciremai di Jawa Barat, dataran tinggi Dieng dan Gunung Merapi di Jawa Tengah, serta kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru di Jawa Timur.



**Gambar 5.** Peta Potensi Distribusi Habitat *Macodes petola* di Pulau Jawa Berdasarkan Hasil Pemodelan Maxent. Warna Menunjukkan Tingkat Kesesuaian Habitat (Probabilitas 0–1), Sedangkan Simbol Segitiga Hitam Menunjukkan Titik Kehadiran Spesies yang Digunakan dalam Pemodelan (n = 14)

Kawasan-kawasan tersebut merupakan wilayah yang diprediksi memiliki kondisi lingkungan yang sesuai bagi *Macodes petola* berdasarkan hasil model Maxent dan tidak seluruhnya merupakan lokasi yang telah terkonfirmasi sebagai titik kehadiran spesies. Oleh karena itu, hasil pemodelan ini lebih tepat digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi habitat potensial dan mengarahkan kegiatan eksplorasi maupun survei lapangan (Roy et al., 2022). Namun demikian, penelitian ini belum melakukan analisis kuantitatif mengenai luas habitat potensial pada masing-masing kawasan, sehingga identifikasi lokasi tersebut masih bersifat deskriptif berdasarkan pola distribusi spasial yang dihasilkan oleh model. Penelitian lanjutan diperlukan untuk memverifikasi keberadaan spesies pada wilayah yang diprediksi sesuai serta menentukan kawasan prioritas konservasi secara lebih rinci (Matutini et al., 2021).

Lebih lanjut, hasil uji jackknife menunjukkan bahwa beberapa variabel lingkungan memberikan informasi yang penting dalam menjelaskan distribusi *Macodes petola*, yaitu elevasi, jenis tutupan lahan (MODIS), suhu rata-rata tahunan (BIO1), suhu maksimum bulan terhangat (BIO5), suhu minimum bulan terdingin (BIO6), dan curah hujan musiman (BIO15). Perlu diperhatikan bahwa tingkat pengaruh suatu variabel pada uji jackknife tidak selalu sejalan dengan nilai kontribusinya dalam model karena kedua parameter tersebut mengukur aspek yang berbeda (Phillips et al., 2017). Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi *Macodes petola* dipengaruhi oleh kombinasi faktor topografi, vegetasi, dan iklim yang secara bersama-sama membentuk kondisi habitat yang sesuai (Araújo et al., 2019). Oleh karena itu, analisis terhadap kurva respon masing-masing variabel diperlukan untuk memahami hubungan ekologis antara faktor lingkungan dan keberadaan spesies tersebut.

Elevasi dan tutupan lahan merupakan dua faktor yang berperan penting dalam menentukan kesesuaian habitat *Macodes petola*. Pengaruh elevasi menunjukkan bahwa spesies ini lebih sesuai hidup pada habitat pegunungan yang memiliki suhu relatif rendah dan kelembapan tinggi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Vélez-Abarca et al. (2023) yang menyatakan bahwa elevasi berkaitan erat dengan suhu, kelembapan, dan kondisi iklim mikro yang berpengaruh terhadap pertumbuhan anggrek terestrial. Selain itu, dominannya pengaruh tutupan lahan menunjukkan bahwa keberadaan *Macodes petola* sangat bergantung pada habitat hutan yang masih memiliki vegetasi rapat. Kondisi tersebut sesuai dengan karakteristik ekologis spesies ini yang umumnya tumbuh pada lantai hutan yang teduh dan lembap. Penutup vegetasi yang baik berperan dalam menjaga kelembapan tanah serta menciptakan mikrohabitat yang stabil sehingga mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup spesies (Zellweger et al., 2019).

Faktor suhu merupakan salah satu komponen iklim yang berperan penting dalam menentukan

distribusi *Macodes petola*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesies ini lebih sesuai pada habitat dengan suhu relatif rendah, yang umumnya dijumpai pada kawasan pegunungan dan hutan dataran tinggi. Temuan ini sejalan dengan Nao et al. (2022) yang melaporkan bahwa *Macodes petola* tumbuh optimal pada lingkungan yang sejuk dan memiliki kelembapan tinggi. Pengaruh suhu maksimum dan suhu minimum terhadap model menunjukkan bahwa spesies ini memiliki toleransi yang terbatas terhadap peningkatan suhu, sehingga perubahan kondisi iklim berpotensi mengurangi kesesuaian habitatnya (Lembrechts et al., 2019). Oleh karena itu, suhu dapat dianggap sebagai salah satu faktor ekologis utama yang membatasi distribusi *Macodes petola* di Pulau Jawa.

Meskipun NDVI dan slope secara ekologis diketahui dapat memengaruhi distribusi tumbuhan hutan, kedua variabel tersebut tidak memberikan kontribusi yang signifikan dalam model. Rendahnya kontribusi NDVI diduga karena informasi mengenai kondisi vegetasi telah banyak direpresentasikan oleh variabel tutupan lahan (MODIS) yang memiliki kontribusi terbesar dalam model (Feng et al., 2019). Sementara itu, rendahnya kontribusi slope menunjukkan bahwa kemiringan lereng bukan merupakan faktor pembatas utama bagi distribusi *Macodes petola* pada wilayah kajian ini, dan pengaruhnya kemungkinan telah terwakili oleh variabel topografi lain seperti elevasi (Araújo et al., 2019). Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi vegetasi dan faktor topografi yang paling relevan bagi *Macodes petola* telah lebih baik dijelaskan oleh variabel tutupan lahan dan elevasi dibandingkan NDVI maupun slope.

Curah hujan musiman (BIO15) juga berperan dalam menentukan kesesuaian habitat *Macodes petola*. Pengaruh variabel ini menunjukkan bahwa spesies tersebut cenderung menyukai habitat dengan pola curah hujan yang relatif stabil, karena kondisi tersebut mampu menjaga kelembapan lingkungan yang diperlukan untuk pertumbuhan dan reproduksi. Temuan ini memperkuat indikasi bahwa ketersediaan kelembapan merupakan salah satu faktor ekologis penting bagi *Macodes petola*, sebagaimana tercermin dari dominannya pengaruh tutupan lahan, elevasi, dan suhu dalam model. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa habitat potensial *Macodes petola* terkonsentrasi pada kawasan hutan pegunungan yang masih memiliki kondisi lingkungan relatif alami. Namun, degradasi hutan, perubahan iklim, dan konversi lahan berpotensi mengurangi kesesuaian habitat tersebut. Kondisi ini sejalan dengan laporan Rinandio et al. (2022) dan Prasetyo et al. (2021) yang menunjukkan bahwa tekanan antropogenik menjadi salah satu ancaman utama terhadap kelestarian anggrek di habitat alaminya.

Implikasi dari temuan ini sangat penting bagi upaya konservasi *Macodes petola*. Informasi mengenai habitat potensial yang dihasilkan model dapat digunakan untuk mendukung penentuan lokasi

prioritas survei, monitoring populasi, dan perlindungan habitat. Fokus konservasi sebaiknya diarahkan pada pelestarian ekosistem hutan pegunungan yang memiliki kondisi lingkungan sesuai bagi spesies ini, terutama di dalam kawasan konservasi seperti taman nasional dan cagar alam. Restorasi habitat pada area yang telah terdegradasi juga menjadi langkah penting untuk mempertahankan kesesuaian habitat. Selain itu, mitigasi terhadap dampak perubahan iklim dan aktivitas manusia perlu dilakukan melalui pembatasan konversi lahan, pelaksanaan reboisasi, serta pengendalian eksploitasi tanaman di alam liar. Untuk mendukung efektivitas strategi tersebut, diperlukan penelitian lanjutan yang dapat memperkuat dasar ilmiah pengelolaan dan konservasi spesies secara berkelanjutan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan Maxent, *Macodes petola* diprediksi memiliki kesesuaian habitat yang tinggi pada kawasan hutan pegunungan di Pulau Jawa yang memiliki tutupan vegetasi baik, suhu relatif rendah, serta kondisi lingkungan yang lembap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor tutupan lahan, suhu, dan curah hujan merupakan variabel lingkungan yang berperan penting dalam menentukan distribusi spesies ini.

Secara praktis, hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan lokasi survei lapangan, pemantauan populasi, serta penyusunan prioritas perlindungan habitat *Macodes petola* di Pulau Jawa. Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena menggunakan jumlah titik kehadiran yang relatif terbatas dan belum melakukan analisis kuantitatif luas habitat potensial pada setiap kawasan yang diprediksi sesuai. Oleh karena itu, penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan penambahan data kehadiran spesies, verifikasi lapangan pada wilayah yang diprediksi sesuai, serta analisis prioritas kawasan konservasi yang lebih rinci.

#### DAFTAR PUSTAKA

Ahmadi, M., Hemami, M., Kaboli, M., & Shabani, F. (2023). MaxEnt brings comparable results when the input data are being completed; Model parameterization of four species distribution models. *Ecology and Evolution*, 13(2), e9827. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ece3.9827>

Araújo, M. B., Anderson, R. P., Márcia Barbosa, A., Beale, C. M., Dormann, C. F., Early, R., Garcia, R. A., Guisan, A., Maiorano, L., & Naimi, B. (2019). Standards for distribution models in biodiversity assessments. *Science Advances*, 5(1), eaat4858. <https://doi.org/https://doi.org/10.1126/sciadv.aat4858>

Bean, W. T., Stafford, R., & Brashares, J. S. (2012). The effects of small sample size and sample bias on threshold selection and accuracy assessment of species

distribution models. *Ecography*, 35(3), 250–258. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2011.06545.x>

Besi, E. E., Mustafa, M., Yong, C. S. Y., & Go, R. (2023). Habitat ecology, structure influence diversity, and host-species associations of wild orchids in undisturbed and disturbed forests in Peninsular Malaysia. *Forests*, 14(3), 544. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/f14030544>

CITES. (2025). *Appendices I, II and III*. <https://cites.org/eng/app/appendices.php>

Clarissa, O., & Halim, M. (2019). Taman wisata dan konservasi Anggrek Nusantara. *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, 1(1), 408. <https://doi.org/10.24912/stupa.v1i1.3966>

Comber, J. B. (1990). *Orchids of Java*. Bentham-Moxon Trust, Royal Botanic Gardens, Kew.

Feng, X., Park, D. S., Walker, C., Peterson, A. T., Merow, C., & Papeş, M. (2019). A checklist for maximizing reproducibility of ecological niche models. *Nature Ecology & Evolution*, 3(10), 1382–1395. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41559-019-0972-5>

Gunawan, H., Setyawati, T., Atmoko, T., Subarudi, Kwatrina, R., Yeny, I., Yuwati, T. W., Effendy, R., Abdullah, L., Mukhlisi, Lastini, T., Arini, D., Sari, U. K., Sitepu, B., Pattiselanno, F., & Kuswanda, W. (2024). A review of forest fragmentation in Indonesia under the DPSIR framework for biodiversity conservation strategies. *Global Ecology and Conservation*, 51. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e02918>

Kamila, N., Purnomo, S. S., Widyodaru, N., & Sandra, E. (2022). Induksi Mutasi Etil Metan Sulfonat (EMS) Terhadap Kenampakan Fenotip Anggrek Ki Aksara (*Macodes Petola*) Secara In Vitro. *Jurnal AGROHITA: Jurnal Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan*, 7(1), 152–162. <https://doi.org/https://doi.org/10.31604/jap.v7i1.6835>

Kramer-Schadt, S., Niedballa, J., Pilgrim, J. D., Schröder, B., Lindenborn, J., Reinfelder, V., Stillfried, M., Heckmann, I., Scharf, A. K., & Augeri, D. M. (2013). The importance of correcting for sampling bias in MaxEnt species distribution models. *Diversity and Distributions*, 19(11), 1366–1379. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ddi.12096>

Lannuzel, G., Balmot, J., Dubos, N., Thibault, M., & Fogliani, B. (2021). High-resolution topographic variables accurately predict the distribution of rare plant species for conservation area selection in a narrow-endemism hotspot in New Caledonia. *Biodiversity and Conservation*, 30(4), 963–990. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10531-021-02126-6>

Lembrechts, J. J., Nijs, I., & Lenoir, J. (2019). Incorporating microclimate into species distribution models. *Ecography*, 42(7), 1267–1279. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ecog.03947>

Maitner, B. S., Richards, R. L., Carlson, B. S., Drake, J. M., & Merow, C. (2026). Flexible methods for species distribution modeling with small samples. *Ecography*, 2, e08112.

- Gunawan, A. R., Hernawati, D., dan Fitriani, R. (2026). Pemodelan Spasial Distribusi Anggrek Ki Aksara (*Macodes petola*) di Pulau Jawa Berbasis Maxent. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 24(2), 341-349, doi:10.14710/jil.24.2.341-349  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ecog.08112>
- Matutini, F., Baudry, J., Pain, G., Sineau, M., & Pithon, J. (2021). How citizen science could improve species distribution models and their independent assessment. *Ecology and Evolution*, 11(7), 3028-3039.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ece3.7210>
- Nao, E. F., Sukarno, A., & Kurniawan, I. (2022). Distribusi dan habitat Ki Aksara (*Macodes petola* (blume) lindl., 1840) di Resort Ranu Darungan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. *Journal of Forest Science Avicennia*, 4(2), 80-85.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.22219/avicennia.v4i2.19643>
- Nurfadilah, S. (2020). Utilization of orchids of Wallacea region and implication for conservation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 473(1).  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/473/1/012063>
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., & Blair, M. E. (2017). Opening the black box: An open-source release of Maxent. *Ecography*, 40(7), 887-893.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ecog.03049>
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175.  
<https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>
- Prasetyo, S., Hidayat, U., Haryanto, Y. D., & Riama, N. F. (2021). Variasi dan Trend Suhu Udara Permukaan di Pulau Jawa Tahun 1990-2019. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 18(1), 60-68.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jg.v18i1.27622>
- Putri, I. D., Martanto, R., & Junarto, R. (2024). Pengaruh alih fungsi lahan terhadap ketahanan pangan, lingkungan, dan keberlanjutan pertanian di Kabupaten Sleman. *Widya Bhumi*, 4(2), 192-211.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.31292/wb.v4i2.108>
- Rambey, R., Rauf, A., Nababan, E. S. M., Aththorick, T. A., Ismail, M. H., Saputra, M. H., Gandaseca, S., & Suratman, M. N. (2025). Distribution and habitat suitability of *Amorphophallus gigas* with MaxEnt modeling in north Sumatra, Indonesia. *Journal of Threatened Taxa*, 17(1), 26370-26384.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.11609/jott.9022.17.1.26370-26384>
- Retnowati, A., Rugayah, Rahajoe, J. S., & Arifiani, D. (2019). Status Keanekaragaman Hayati Indonesia : Kekayaan Jenis Tumbuhan Indonesia. In *LIPI Press*. LIPI Press.
- Rinandio, D., Helmanto, H., Zulkarnaen, R., Primananda, E., Hamidi, A., & Robiansyah, I. (2022). Endemic plants of Java Island, Indonesia: a dataset. *Biodiversity Data Journal*, 10, e84303.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3897/BDJ.10.e84303>
- Roy, S., Suman, A., Ray, S., & Saikia, S. K. (2022). Use of species distribution models to study habitat suitability for sustainable management and conservation in the Indian subcontinent: A decade's retrospective. *Frontiers in Sustainable Resource Management*, 1, 1031646.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fsrma.2022.1031646>
- Sunarmi, N., Kumailia, E. N., Nurfaiza, N., Nikmah, A. K., Aisyah, H. N., Sriwahyuni, I., & Lailly, S. N. (2022). Analisis Faktor Unsur Cuaca terhadap Perubahan Iklim Di Kabupaten Pasuruan pada Tahun 2021 dengan Metode Principal Component Analysis. *Newton-Maxwell Journal of Physics*, 3(2), 56-64.  
<https://doi.org/10.33369/nmj.v3i2.23380>
- Swets, J. A. (1988). Measuring the Accuracy of Diagnostic Information. *Medical Decision Making*, 93-142.  
<https://doi.org/10.1002/9781118341544.ch5>
- Valencia-Rodríguez, D., Jiménez-Segura, L., Rogéliz, C. A., & Parra, J. L. (2021). Ecological niche modeling as an effective tool to predict the distribution of freshwater organisms: The case of the Sabaleta Brycon henni (Eigenmann, 1913). *PloS One*, 16(3), e0247876.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247876>
- Vélez-Abarca, L., Jiménez, M. M., Ramírez-Iglesias, E., Parra-Suarez, S., Torracchi-Carrasco, E., & Benítez, Á. (2023). Orchid Diversity at Three Elevations in the Mountain Sandstone Plateaus of the Cordillera del Cóndor Ecuador. *Diversity*, 15(9), 979.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/d15090979>
- Zellweger, F., De Frenne, P., Lenoir, J., Rocchini, D., & Coomes, D. (2019). Advances in microclimate ecology arising from remote sensing. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(4), 327-341.
- Zurell, D., Franklin, J., König, C., Bouchet, P. J., Dormann, C. F., Elith, J., Fandos, G., Feng, X., Guiller-Arroita, G., & Guisan, A. (2020). A standard protocol for reporting species distribution models. *Ecography*, 43(9), 1261-1277.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ecog.04960>