

Penggunaan Habitat dan Pemodelan Distribusi Spasial Macan Tutul Jawa di Kawasan Gunung Sawal, Jawa Barat

(Habitat Use and Modeling of the Spatial Distribution of the Javan Leopard in the Sawal Mount Area, West Java)

Ilham Setiawan Noer^{*1}, Hendra Gunawan², dan/and Dede Aulia Rahman¹

¹Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, Jl. Ulin Lingkar Akademik Kampus IPB, Bogor, 16680, Jawa Barat, Indonesia; Telp. (0251) 8621947

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor, 16610, Jawa Barat, Indonesia; Telp. (0251) 8633234, 7520067

Info artikel:	ABSTRACT
Keywords: Habitat Suitability, habitat use, javan leopard, maxent	<i>Javan leopard (Panthera pardus melas) is a protected top predator classified as critically endangered and one of 25 national priority animals. Data and information regarding habitat use and modeling of the spatial distribution of the javan leopard using MaxEnt are still limited. This study aims to identify the habitat use of the javan leopard and predict the habitat suitability of the javan leopard. Data were collected by camera trap, exploration method, and environmental variable data using the Maximum Entropy method. The analysis was performed using the Relative Use Index, Maximum Entropy modeling, and the Relative Abundance Index. Based on the results, the habitat use of javan leopard with the highest value was found in the habitat type of primary natural forest, with an elevation of 751-1,250 m above sea level and steep slopes (26-40%), and without human disturbance. The most influential environmental variables are distance from the prey, slopes, and elevation. There are three management implications of this study, 1) maintaining the suitable and improving the less suitable area for the javan leopard. 2) Integration between the conservation area and the surrounding forest area shall accommodate the javan leopard population. 3) Conflict mitigation is essential to do through collaboration between all stakeholders.</i>
Kata kunci: Kesesuaian habitat, penggunaan habitat, macan tutul jawa, maxent	ABSTRAK Macan tutul jawa (<i>Panthera pardus melas</i>) merupakan predator puncak yang berstatus dilindungi, kritis (<i>critically endangered</i>), dan salah satu dari 25 satwa prioritas nasional. Data dan informasi terkait penggunaan habitat dan pemodelan distribusi spasial macan tutul jawa masih sedikit. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi penggunaan habitat macan tutul jawa, serta membuat pemodelan distribusi spasial macan tutul jawa. Data penelitian ini dikumpulkan melalui pemasangan <i>camera trap</i> , metode eksplorasi, dan pengumpulan variabel lingkungan dengan metode <i>Maximum Entropy</i> . Analisis dilakukan menggunakan <i>Relative Use Index</i> , pemodelan <i>Maximum Entropy</i> , dan <i>Relative Abundance Index</i> . Berdasarkan penelitian, penggunaan habitat oleh macan tutul jawa dengan nilai paling tinggi terdapat pada tipe habitat berupa hutan alam primer, ketinggian 751-1.250 mdpl, dan kemiringan lahan curam (26-40%), dengan sedikit gangguan manusia. Variabel lingkungan yang paling berpengaruh adalah jarak dari satwa mangsa, lereng, dan ketinggian. Penelitian ini menghasilkan implikasi pengelolaan, yaitu 1) area yang dinilai sesuai bagi macan tutul jawa dapat dipertahankan keberadaannya, sedangkan area yang kurang sesuai dapat dilakukan perbaikan habitat; 2) integrasi antara kawasan konservasi dengan kawasan hutan disekitarnya penting untuk dilakukan agar populasi macan tutul jawa dapat tertampung dengan baik, 3) mitigasi konflik juga penting untuk dilakukan melalui kerja sama yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan.
Riwayat artikel: Tanggal diterima: 17 September 2020; Tanggal direvisi: 17 Maret 2021; Tanggal disetujui: 18 Maret 2021	

Editor: Ir. Remy Sawitri, M.Sc

Korespondensi penulis: Ilham Setiawan Noer * (E-mail: ilhamsnoer@gmail.com)

Kontribusi penulis: **ISN**: Menulis, mengumpulkan data, dan mengolah data; **DAR**: Memfasilitasi pengambilan data, menganalisis, mengedit, dan meninjau tulisan; dan **HG**: Memfasilitasi pengambilan data, menganalisis, mengedit, dan meninjau tulisan.

<https://doi.org/10.20886/jphka.2021.18.1.53-66>

©JPHKA - 2018 is Open access under CC BY-NC-SA license

1. Pendahuluan

Karnivora besar merupakan satwa liar yang diprioritaskan dalam upaya konservasi dunia karena rentan terhadap kepunahan, yang ditunjukkan dengan tren penurunan ukuran populasi dalam dua abad terakhir (Ripple et al., 2014). Salah satu karnivora besar adalah macan tutul jawa (*Panthera pardus melas* Cuvier 1809), yang merupakan mamalia langka, dan dilindungi berdasarkan Peraturan Menteri LHK Nomor. P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Menteri LHK Nomor P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/6/2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa yang Dilindungi. Selain itu macan tutul jawa juga termasuk dalam 25 satwa prioritas nasional berdasarkan SK Dirjen KSDAE No. 180/IV-KKH/2015 tentang Penetapan Dua Puluh Lima Satwa Terancam Punah Prioritas untuk Ditingkatkan Populasinya Sebesar 10% pada Tahun 2015-2019. Menurut *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN), satwa ini tergolong kritis (*Critically Endangered*) (Stein et al., 2020), sedangkan *Convention on International Trade in Endangered Species of Flora and Fauna* (CITES), menggolongkannya ke dalam kategori *Appendix I* (CITES, 2020).

Dalam hieraki ekosistem, macan tutul memiliki peran penting sebagai *top predator* yang mengendalikan populasi satwa mangsa, seperti kijang dan babi hutan (Shanidah, Partasmita, Parikesit, Febrianto, & Megantara, 2018). Berbagai faktor yang mengancam spesies ini, sehingga dikhawatirkan akan terjadi kepunahan lokal pada berbagai lokasi adalah pembunuhan akibat konflik dengan manusia (Wibisono et al., 2018), dimana konflik merupakan akumulasi dampak kerusakan habitat, kehilangan habitat dan fragmentasi habitat yang semakin intensif pada beberapa tahun terakhir. Dampak buruk dari faktor-faktor tersebut adalah menurunnya populasi macan tutul jawa

secara drastis yang diperparah oleh perburuan yang tidak terkendali terhadap macan tutul jawa dan satwa mangsanya (Gunawan, 2010). Kegiatan perburuan ilegal umumnya dilanjutkan dengan kegiatan perdagangan ilegal, seperti perdagangan kulit macan tutul jawa, sehingga keberadaan macan tutul jawa semakin terancam.

Informasi mengenai habitat macan tutul jawa diperlukan dalam upaya konservasi. Studi mengenai penggunaan habitat dan faktor-faktor yang memengaruhinya masih terbatas, sehingga diperlukan informasi lebih mendalam. Penggunaan habitat dan faktor-faktor yang memengaruhinya dapat diidentifikasi melalui pemodelan *Maximum Entropy* (MaxEnt). Model MaxEnt adalah model relung ekologi, yang semakin banyak digunakan untuk menilai distribusi habitat satwa liar (Clements et al., 2012; Rahman et al., 2019). Pemodelan ini dilakukan dengan cara mengolah data kehadiran spesies dan variabel lingkungan yang memengaruhi kehadiran suatu spesies tersebut, sehingga sebaran spasial suatu spesies tersebut dapat dipetakan (Rahman et al., 2017). Hasil dari pemetaan dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan pengelolaan habitat macan tutul jawa untuk mencegah kepunahan lokal. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penggunaan habitat macan tutul jawa serta memprediksi peta kesesuaian habitat dan variabel lingkungan yang memengaruhi keberadaan macan tutul jawa. Hasil pemetaan dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam pengelolaan habitat macan tutul jawa untuk mencegah konflik dengan masyarakat, serta mencegah kepunahan lokal.

2. Metodologi

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan Desember 2019 sampai dengan Februari 2020 di kawasan hutan Gunung Sawal, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat.

Kawasan hutan Gunung Sawal merupakan kawasan hutan dengan jumlah kasus konflik macan tutul jawa dengan masyarakat paling tinggi dibandingkan lokasi lainnya di Jawa Barat dan Banten, yakni mencapai 47 kasus dari tahun 2001-2015 (Gunawan, Iskandar, Sihombing, & Wienanto, 2017). Konflik tersebut terdiri dari tiga bentuk, yakni macan tutul jawa mendekati permukiman, diperangkap, dan memangsa ternak. Kawasan hutan Gunung Sawal terbagi menjadi kawasan suaka margasatwa (SM) berupa hutan alam seluas 5.583,38 Ha atau 53% dari total kawasan hutan Gunung Sawal, hutan produksi terbatas (HPT) seluas 3.308,93 Ha, hutan produksi (HP) 714,34 Ha, dan hutan pangonan (hutan rakyat) 908,91 Ha. Peta tutupan lahan dan status kawasan hutan disajikan pada Gambar 1.

2.2. Metode Penelitian

Pengambilan data perjumpaan macan tutul jawa (*Panthera pardus melas*) dan satwa mangsa dilakukan melalui rekaman perjumpaan pada *camera trap* dan perjumpaan tidak langsung dalam suatu eksplorasi. *Camera trap* yang digunakan adalah Bushnell HD, (model 119739), sebanyak 16 unit yang dipasang tersebar di dalam 16 *grid cell* dengan ukuran *grid cell* sebesar 2 km x 2 km. Perekaman oleh *camera trap* adalah pada mode video dengan interval antar *trigger* 30 detik, dan lama perekaman 60 detik. Pengamatan jejak dan tanda-tanda aktivitas macan tutul jawa dan satwa mangsa dilakukan menggunakan metode eksplorasi. Areal eksplorasi mencakup lokasi-lokasi yang berpotensi digunakan oleh macan tutul jawa dan satwa mangsa. Pengamatan dilakukan dari pagi pukul 07.00 WIB hingga sore hari pukul 17.00 WIB. Pengamatan pagi hari dilakukan di sepanjang jalur *tracking* menuju titik pemasangan *camera trap*, sedangkan pengamatan sore hari dilakukan dari titik pemasangan *camera trap* menuju titik awal (*track back*). Selain itu, dilakukan pengumpulan data variabel lingkungan

dalam prediksi kesesuaian habitat menggunakan model *Maximum Entropy* (MaxEnt). Model ini meliputi kondisi fisik, biologis, dan gangguan antropogenik yang dianggap memengaruhi keberadaan macan tutul jawa. Kondisi fisik terdiri dari variabel jarak dari sungai, ketinggian, dan lereng (Debeljak, Dzeroski, Jerina, Kobler, & Adamic, 2001; Patthey 2003; Rahman et al., 2017). Kondisi biologis terdiri dari tutupan lahan dan jarak dari satwa mangsa (Schutz, Risch, Leuzinger, Krusi, & Achermann, 2003; Sharma, Bhatnagar, & Mishra, 2015; Alexander, Gopalaswamy, Shi, Hughes, & Riordan, 2016). Sementara itu, faktor gangguan antropogenik terdiri dari jarak dari jalan, dan jarak dari ladang (Patthey 2003; Rahman et al., 2017). Data jarak dari sungai, jarak dari jalan, dan jarak dari ladang didapatkan dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2015, dengan skala 1:25.000. Data berupa ketinggian tempat dan lereng diperoleh dari Peta ASTER *Global Digital Elevation Model* (DEM) tahun 2015 yang diolah menggunakan *software* ArcGis 10.5. Data tutupan lahan diperoleh dari Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam (BBKSDA) Jawa Barat tahun 2019. Jarak terhadap satwa mangsa diperoleh dari data perjumpaan mangsa macan tutul jawa di kawasan hutan Gunung Sawal melalui tangkapan foto/video pada *camera trap*.

2.3. Analisis Data

Analisis Penggunaan Habitat

Penggunaan habitat macan tutul jawa dianalisis menggunakan *Relative Use Index* (RUI). Index ini menggambarkan nilai penggunaan habitat oleh macan tutul berdasarkan rekaman *camera trap*, dengan rentang nilai 0-1 (Sharma, Bhatnagar, & Mishra, 2015). Perhitungan RUI dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

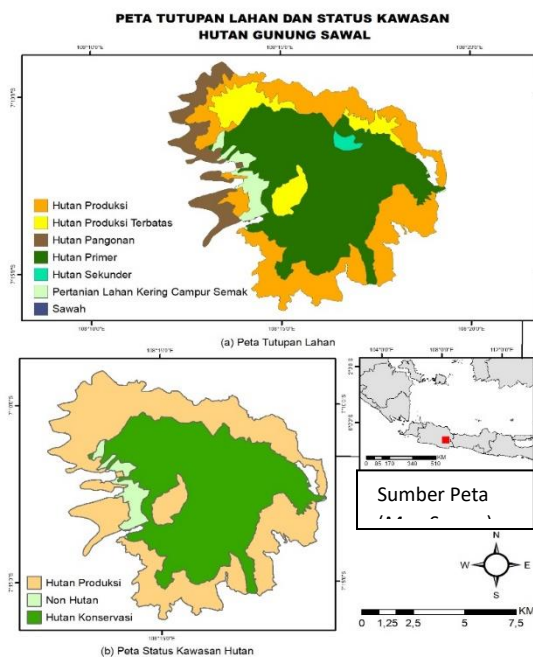
$$RUI = \frac{c}{C} \times \frac{n}{N} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan (*Remarks*):

- c = Jumlah foto/video independen pada suatu tipe tutupan lahan/kelas ketinggian/kelas lereng tertentu (*Number of independent photographic captures at a certain land cover/elevation class/slope class*)
- C = Jumlah foto/video independen pada seluruh tipe tutupan lahan/kelas ketinggian/kelas lereng (*Number of independent photographic captures across all land cover/elevation class/slope class*)
- n = Jumlah individu pada suatu tipe tutupan lahan/kelas ketinggian/kelas lereng tertentu (*Number of individuals captured at a certain land cover/elevation class/slope class*)
- N = Jumlah individu pada seluruh tipe tutupan lahan/kelas ketinggian/kelas lereng (*Number of individuals captured across all land cover/elevation class/slope class*)

Analisis Pemodelan Distribusi Spasial

Prediksi kesesuaian habitat macan tutul jawa dilakukan dengan pendekatan pemodelan *Maximum Entropy* (MaxEnt). Model ini dibangun dengan memasukkan variabel lingkungan yang diduga memengaruhi keberadaan suatu spesies di suatu lokasi (Rahman et al., 2017). Seluruh variabel lingkungan perlu dilakukan analisis multikolinearitas menggunakan *Band Collection Statistic* pada *Software ArcGis 10.5*, yang bertujuan untuk mengetahui hubungan korelasi antar variabel lingkungan yang berpengaruh terhadap pemodelan (Rahman et al., 2018). Salah satu variabel lingkungan dihapus, apabila nilai korelasi $\leq -0,75$ maupun $>0,75$ (Pearson, Raxworthy, Nakamura, & Peterson, 2007). Pemodelan dengan *Software MaxEnt v.3.3.3k* (www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent) dilakukan untuk mengidentifikasi distribusi spasial suatu spesies berdasarkan data kehadiran dan variabel lingkungan yang berpengaruh terhadap kehadiran spesies tersebut (Rahman et al., 2017).



Gambar (*Figure*) 1. Peta tutupan lahan dan status kawasan hutan di Gunung Sawal (*Map of land cover and status of forest area in the Sawal Mount*)

Analisis Satwa Mangsa Potensial

Data perjumpaan satwa mangsa potensial dari *camera trap* diolah untuk mendapatkan nilai *Relative Abundance Index* (RAI). RAI dihitung berdasarkan jumlah foto/video yang diperoleh per hari dari suatu spesies. Indeks ini dilakukan per 100 hari rekam untuk menyamakan waktu satuan usaha yang digunakan (O'Brien, Kinnaird, & Wibisono, 2003), dengan rumus:

$$RAI = \frac{\sum f}{\sum d} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan (*Remarks*):

RAI = Indeks kelimpahan relatif (*Relative Abundance Index*)

$\sum f$ = Jumlah total foto/video independen yang diperoleh (*Number of photographs acquired per day*)

$\sum d$ = Jumlah total hari operasi kamera (*Number of trap days*)

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan kegiatan pemasangan *camera trap*, tidak seluruh *camera trap* berhasil merekam keberadaan macan tutul jawa. Hal ini menunjukkan bahwa spesies ini menggunakan habitat tertentu dalam aktivitasnya. Penggunaan habitat macan tutul bergantung pada kepadatan satwa mangsa (Sharma, Bhatnagar, & Mishra, 2015). Nilai penggunaan habitat berdasarkan tipe tutupan lahan disajikan pada Gambar 2. Tampak bahwa penggunaan habitat yang paling tinggi adalah pada hutan alam primer.

Macan tutul jawa mampu hidup di berbagai tipe habitat, seperti hutan alam primer, hutan tanaman, dan lahan pertanian, dan semak (Furstenburg, 2010; Shanidah et al., 2018) dan akan merespon keamanan dan keutuhan suatu habitat yang dapat diidentikan dengan kualitas habitat (Gunawan & Sihombing, 2017). Nilai penggunaan habitat yang tinggi pada hutan alam primer menunjukkan bahwa tutupan lahan ini relatif aman bagi macan tutul jawa. Hutan konservasi dinilai aman

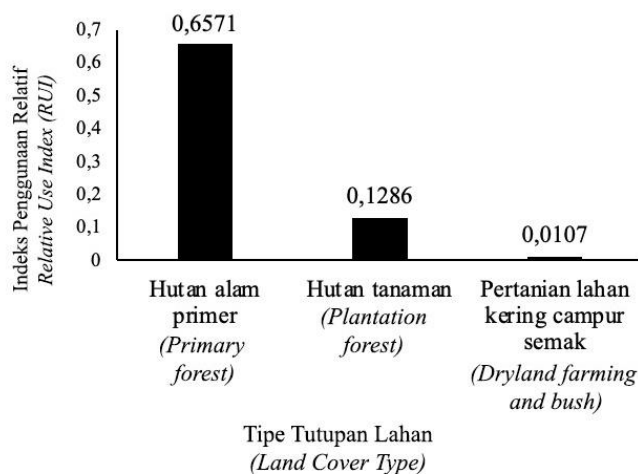
bagi macan tutul jawa karena di dalamnya terdapat perlindungan intensif flora dan fauna, aktivitas manusia rendah, dan patroli rutin dilaksanakan (Gunawan & Sihombing, 2017). Meskipun macan tutul jawa menggunakan hutan konservasi dengan nilai *relative use index* (RUI) tertinggi (Gambar 2) namun potensi konflik masih mungkin terjadi di kawasan hutan Gunung Sawal. Konflik terjadi ketika macan tutul jawa turun dari hutan konservasi ke hutan produksi bahkan perkebunan dekat permukiman masyarakat. Faktor yang menyebabkan terjadinya konflik adalah keberadaan kandang ternak yang berada di lokasi yang berbatasan dengan kawasan hutan, sehingga macan tutul jawa cenderung lebih mudah untuk mencari mangsa. Awal tahun 2020, dari bulan Januari hingga Maret telah terjadi tiga kasus konflik berupa pemangsaan ternak oleh macan tutul jawa yang menyebabkan tiga ekor kambing mati, sehingga menimbulkan kerugian (Fathony, 2020). Selain itu, faktor lainnya adalah dugaan terjadinya perebutan wilayah jelajah antar individu jantan, sehingga salah satu individu jantan terpaksa melakukan perpindahan wilayah jelajah hingga luar kawasan hutan dan rentan memicu terjadinya konflik dengan masyarakat. Sementara itu, nilai penggunaan habitat (Gambar 2), terendah terdapat pada tipe habitat pertanian lahan kering campur semak. Hal ini disebabkan oleh tingginya aktivitas manusia dibandingkan tipe habitat yang lain.

Selain tertangkap melalui rekaman *camera trap*, keberadaan macan tutul jawa juga teridentifikasi melalui jejak kaki. Macan tutul akan meninggalkan beberapa tanda seperti suara, kotoran, *urine*, dan cakaran untuk menandai dan mempertahankan teritorinya (Furstenburg, 2010). Berdasarkan penelitian, banyaknya jejak kaki macan tutul jawa di hutan tanaman mengindikasikan bahwa hutan tanaman merupakan lintasan jelajah macan tutul jawa dari kawasan suaka margasatwa ke perkebunan dan

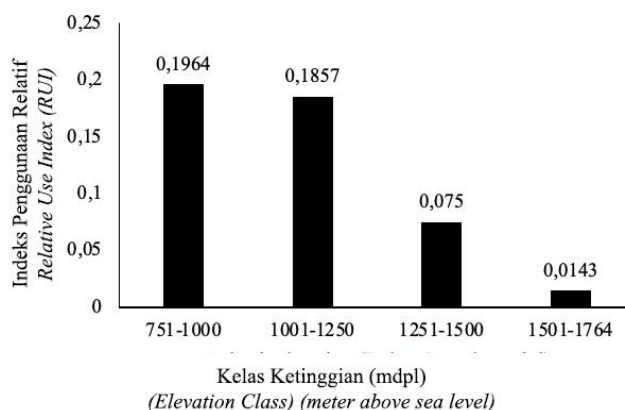
permukiman. Masih banyak ditemukan indikasi keberadaan satwa mangsa di area perkebunan masyarakat yang berada dekat dengan permukiman, sehingga hutan tanaman berpotensi digunakan oleh macan tutul jawa sebagai lintasan untuk mencari mangsa. Pergeseran temporal dalam pemilihan habitat dapat dilakukan oleh macan tutul untuk menggunakan habitat yang tidak seharusnya dipilih, karena dekat dengan manusia (Knopff, Knopff, Boyce, & St. Clair, 2014). Di India, karnivora besar seperti macan tutul india (*Panthera pardus fusca*) memiliki kepadatan yang tinggi pada lanskap

termodifikasi yang sudah terintervensi manusia (Athreya, Odden, Linnell, Krishnaswamy, & Karanth, 2013).

Perjumpaan macan tutul jawa berdasarkan kelas ketinggian tempat cukup bervariasi (Gambar 3). Berdasarkan kelas ketinggian, perjumpaan macan tutul jawa ditemukan dari ketinggian 751 hingga 1.764 mdpl. dengan kelas ketinggian yang paling banyak terdeteksi adalah pada ketinggian 751 hingga 1.250 mdpl. Macan tutul jawa menyukai daerah yang memiliki ketinggian di atas 1.000 mdpl (Gunawan & Sihombing, 2017).



Gambar (Figure) 2. Relative use index (RUI) berdasarkan tipe tutupan lahan (Relative use index (RUI) based on land cover type)



Gambar (Figure) 3. Relative use index (RUI) berdasarkan kelas ketinggian (Relative use index (RUI) based on elevation class)

Pada ketinggian 751 hingga 1.250 mdpl, kondisi habitat berupa kawasan hutan yang sebagian wilayahnya ada yang berbatasan dengan kebun masyarakat yang relatif terbuka lahannya, sehingga satwa mangsa cenderung tersebar pada daerah ini, terutama satwa mangsa yang tergolong *grazer* atau memiliki kebiasaan merumput. Ketinggian <751 mdpl persentasenya 0% (tidak ditemukan adanya kehadiran macan tutul jawa), menunjukkan ketinggian ini kurang disukai karena tingginya aktivitas manusia dalam bentuk penggarapan lahan oleh masyarakat.

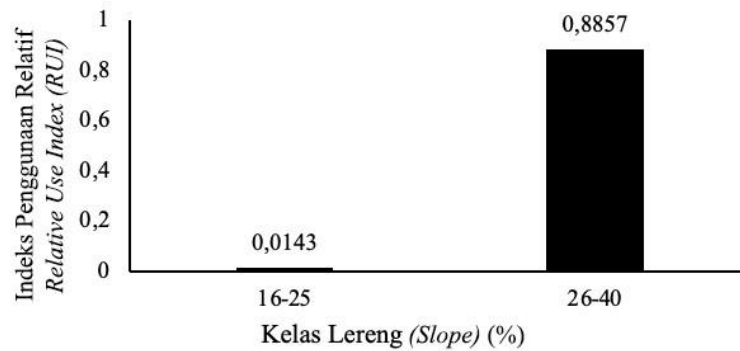
Berdasarkan hasil penelitian ini, semakin tinggi tempat, maka nilai penggunaan habitat semakin kecil. Hal ini diduga berkaitan dengan ketersediaan vegetasi yang menjadi pakan satwa mangsa. Semakin tinggi elevasi, maka keragaman tumbuhan akan cenderung semakin rendah (Sa'adah, Zuhud, & Siswoyo, 2019). Selain itu, kenaikan elevasi juga berpengaruh terhadap suhu dan kelembapan. Setiap kenaikan 100 mpdl, akan menurunkan suhu sebesar 0,6 °C dan meningkatkan kelembapan, sehingga menghambat perkembangan tumbuhan (Andrian & Purba, 2014; Istiawan & Kastono, 2019). Jika ketersediaan pakan satwa mangsa rendah, kemungkinan keberadaan macan tutul juga rendah, karena macan tutul jawa akan bergerak mengikuti mangsanya (Rahman, 2020).

Berdasarkan kelas lereng, macan tutul jawa ditemukan pada dua kelas lereng, yaitu 26-40% (curam), dan 16-25% (agak curam). Nilai penggunaan habitat berdasarkan kelas lereng disajikan pada Gambar 4. Perjumpaan yang tinggi ada pada kelas kelerengan 26-40%, menunjukkan bahwa macan tutul jawa lebih memilih daerah yang curam karena sulit dijangkau oleh manusia, sesuai dengan apa yang ditemui oleh Gunawan & Sihombing, (2017). Aktivitas manusia cenderung rendah bahkan tidak ada pada topografi curam, sehingga daerah ini cenderung aman bagi macan tutul jawa. Topografi yang curam juga dapat

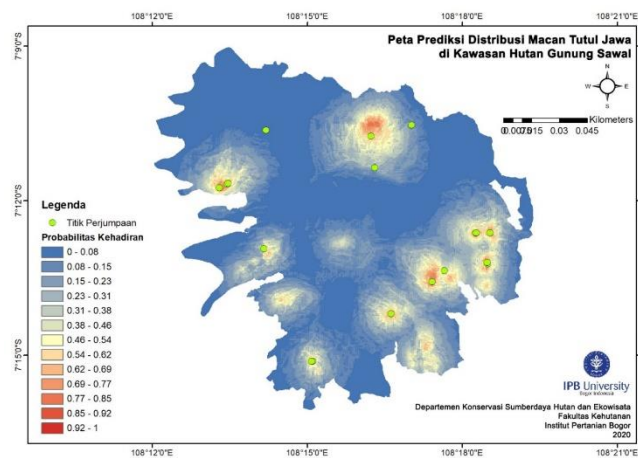
dimanfaatkan oleh macan tutul jawa untuk berlindung (Gunawan, Prasetyo, Mardiasuti, & Kartono, 2012). Selain itu, daerah dengan topografi curam juga ditetapkan sebagai suaka margasatwa, sehingga pada daerah ini dilakukan perlindungan dengan intensif berupa patroli rutin guna mencegah terjadinya perburuan ilegal, sehingga relatif aman bagi satwa liar.

Hasil analisis model distribusi spasial menunjukkan prediksi keberadaan macan tutul jawa semakin tinggi pada tipe habitat hutan konservasi yang berdekatan dengan hutan produksi yang memiliki tutupan lebih terbuka, berupa tanaman Pinus (*Pinus merkusii*), rasamala (*Altingia excelsa*), dan damar (*Agathis borneensis*). Peta distribusi potensial menggambarkan kondisi kesesuaian untuk kelangsungan hidup suatu spesies, sehingga sangat bagus digunakan sebagai pertimbangan dalam upaya konservasi (Jafari, Ahmadmahmoodi, & Mirzaei, 2018). Peta distribusi spasial macan tutul jawa di kawasan hutan Gunung Sawal disajikan pada Gambar 5.

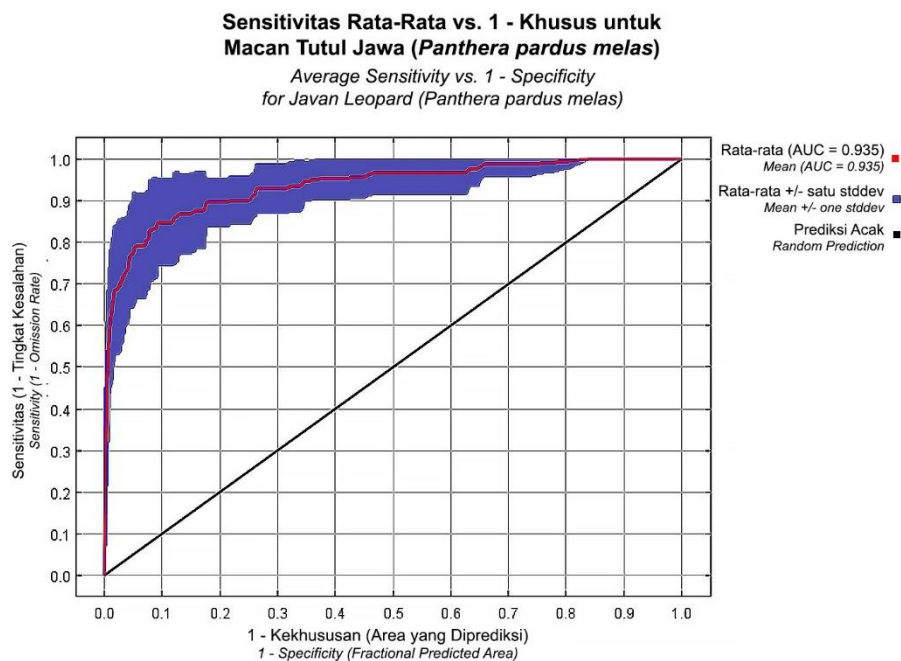
Pergerakan macan tutul jawa hingga ke seluruh pinggiran kawasan. Daerah ini sebagian termasuk kawasan hutan konservasi yang berbatasan dengan hutan produksi, sedangkan sebagian lagi merupakan kawasan hutan produksi yang dikelola oleh Perum Perhutani KPH Ciamis. Pola pergerakan dan penyebaran satwa karnivora biasanya sangat erat kaitannya dengan herbivora (Rahman, 2020). Selain itu, potensi distribusi macan tutul jawa di seluruh kawasan juga diduga dipengaruhi oleh ukuran populasi macan tutul jawa. Berdasarkan penelitian saat ini, digabungkan dengan hasil penelitian BBKSDA 2019, dan Tim Kolaboratif Penyelamatan Macan Tutul Jawa tahun 2017, didapatkan bahwa ukuran populasi macan tutul jawa di kawasan hutan Gunung Sawal secara keseluruhan mencapai sebelas individu (standar deviasi $\pm 2,40$) yang menempati luasan total kawasan 10.515,56 Ha.



Gambar (Figure) 4. Relative use index (RUI) berdasarkan kelas lereng (Relative use index (RUI) based on slope class)



Gambar (Figure) 5. Peta prediksi distribusi Macan Tutul Jawa (Javan leopard distribution prediction map)



Gambar (Figure) 6. Kurva hasil evaluasi model (The curve of model evaluation result)

Penilaian akurasi untuk setiap variabel dalam model diukur oleh *area under curve* (AUC) dari kurva *receiver operating characteristic* (ROC). Standar minimum akurasi dan kinerja model yang dapat diterima yaitu ketika nilai *Random Prediction* mencapai diatas atau sama dengan 0,5 (AUC = 0,5). Kurva respon hasil evaluasi model disajikan pada Gambar 6. Berdasarkan hasil, didapatkan bahwa nilai AUC dari pembuatan model yakni sebesar 0,935. Nilai AUC >0,9 menunjukkan akurasinya sangat baik (Gasso, Thuiller, Pino, & Vila, 2012).

Pembuatan model distribusi spasial dapat dianalisis dengan cara analisis kontribusi variabel lingkungan berdasarkan tingkat kontribusinya dalam persen dan hasil uji *jackknife* terhadap model prediksi (Rahman et al., 2017). Hasil analisis terhadap tujuh variabel lingkungan yang digunakan dalam pembuatan model distribusi spasial macan tutul jawa, menunjukkan bahwa kontribusi tertinggi adalah pada variabel jarak terhadap mangsa dengan nilai 78,5% (Tabel 1). Kemudian, diikuti variabel kelerengan sebesar 5,9%, variabel ketinggian sebesar 4,8%. Tiga variabel lingkungan ini sama seperti di laporkan oleh Yulianti (2019).

Hasil penelitian ini mendapatkan hasil bahwa jarak dari satwa mangsa sangat berpengaruh terhadap keberadaan

macan tutul jawa. Pergerakan macan tutul jawa umumnya dipengaruhi oleh satwa mangsa, seperti kijang dan babi hutan. Salah satu faktor pembatas bagi satwa liar adalah makanan, sehingga ketersediaannya harus baik (Jafari et al., 2018). RAI setiap jenis didapatkan hasil bahwa musang luwak (*Paradoxurus hermaproditus*) memiliki RAI tertinggi (Gambar 7). Musang merupakan salah satu satwa mangsa macan tutul jawa. Kijang (*Muntiacus muntjak*), dan babi hutan (*Sus scrofa*) memiliki indeks kelimpahan relatif yang sama, yakni 0,62. Kijang merupakan satwa mangsa utama karnivora besar (Ekwal, Tahir, & Tahir, 2012).

Jejak aktivitas satwa mangsa ditemukan hampir sepanjang jalur penelitian, berupa kebun masyarakat, hutan tanaman, hingga kawasan suaka margasatwa. Jejak aktivitas musang luwak berupa kotoran, sedangkan jejak babi berupa bekas galian dan jejak kaki. Berdasarkan penelitian, masih banyak ditemukan jejak aktivitas satwa mangsa relatif jauh dari kawasan suaka margasatwa. Kelimpahan satwa mangsa potensial yang berdekatan dengan permukiman dapat menarik perhatian predator, sehingga dapat berpotensi menimbulkan konflik dengan manusia (Athreya, Odden, Linnell, Krishnaswamy, & Karanth, 2016).

Tabel (Table) 1. Persen kontribusi setiap variabel lingkungan terhadap model distribusi macan tutul jawa (*The percentage of the contribution of each environmental variable to the javan leopard distribution model*)

Variabel Lingkungan (<i>Environmental Variable</i>)	Persen Kontribusi (<i>Percent Contribution</i>)	Pentingnya Permutasi (<i>Permutation Importance</i>)
Jarak dari satwa mangsa (<i>Distance to prey</i>)	78,5	76,2
Lereng (<i>Slope</i>)	5,9	1,4
Ketinggian (<i>Elevation</i>)	4,8	10,5
Tutupan lahan (<i>Land cover</i>)	4,6	2,3
Jarak dari ladang (<i>Distance to field</i>)	3,6	6,3
Jarak dari jalan (<i>Distance to road</i>)	1,4	3,1
Jarak dari sungai (<i>Distance to river</i>)	1,2	0,3

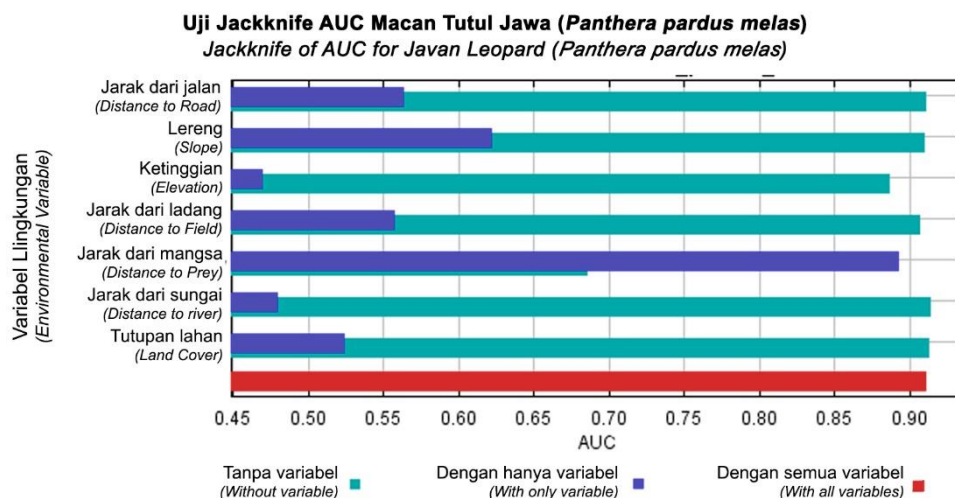
Pemodelan menggunakan MaxEnt juga menghasilkan output berupa uji *jackknife* setiap variabel lingkungan terhadap model prediksi. Uji *jackknife* dilakukan untuk mendapatkan estimasi alternatif dari kepentingan variabel lingkungan (Rahman et al., 2017). Hasil uji *jackknife* didapatkan bahwa variabel jarak dari satwa mangsa mencapai nilai AUC tertinggi yakni lebih dari 0,85 (Gambar 8). Nilai AUC dapat berkurang apabila menghilangkan variabel yang berkontribusi tinggi terhadap hasil pemodelan (Elith, Phillips, Hastie, Dudík, Chee, & Yates, 2011). Nilai AUC dari uji *jackknife* ini menunjukkan bahwa variabel jarak dari satwa mangsa merupakan variabel lingkungan yang dianggap penting terhadap model prediksi hanya dengan variabel tersebut (digunakan secara independen) dan memiliki informasi yang penting jika digunakan sendiri.

Implikasi Pengelolaan

Informasi mengenai penggunaan habitat oleh macan tutul jawa dapat menjadi acuan dalam pembinaan habitat dan pengelolaan populasi macan tutul jawa. Area yang tergolong sesuai bagi macan tutul jawa dapat dipertahankan keberadaannya, sedangkan area yang dinilai kurang mendukung kehidupan

macan tutul jawa dapat dilakukan perbaikan habitat demi menjaga keberlangsungan kehidupan macan tutul jawa. Faktor antropogenik cukup berpengaruh terhadap keberadaan macan tutul jawa, sehingga diperlukan pengelola perlu memerhatikan aspek pengelolaan yang memberikan keuntungan bagi kedua pihak, yakni manusia dan macan tutul jawa.

Macan tutul jawa tidak mengenal batas-batas administrasi dan batas fungsi kawasan hutan, sehingga spesies ini dapat tersebar hingga ke luar kawasan hutan mengikuti persebaran satwa mangsanya. Kondisi tersebut dapat menjadi pertimbangan bahwasannya diperlukan penguatan komitmen dari berbagai pihak yang berkepentingan dan berwenang dalam mengelola kawasan hutan Gunung Sawal. Diperlukan integrasi antara kawasan suaka margasatwa, kawasan lindung, kawasan budi daya hutan, dan kawasan budi daya non-hutan seperti hutan rakyat dan perkebunan. Persebaran macan tutul jawa hingga ke pinggiran kawasan hutan dapat menjadi indikasi bahwa kawasan hutan ini perlu didukung oleh kawasan hutan di sekitarnya agar macan tutul jawa dapat tertampung dengan baik.



Gambar (Figure) 8. Grafik hasil uji *jackknife* pada nilai AUC (Graph of *jackknife* test results on AUC value)

Selain itu, kawasan hutan Gunung Sawal merupakan kawasan hutan dengan jumlah kasus konflik macan tutul jawa dengan masyarakat paling tinggi dibandingkan lokasi lainnya di Jawa Barat dan Banten. Kondisi ini mengharuskan pengelola untuk melakukan penanganan dan mitigasi konflik antara macan tutul jawa dengan masyarakat secara terpadu dengan melibatkan seluruh *stakeholder* (pemangku kepentingan). Penanganan dan mitigasi konflik dapat dilakukan dengan melakukan sosialisasi kepada masyarakat, pengelolaan populasi dan habitat, serta penegakan hukum yang sesuai prosedur terhadap pelaku yang terlibat dalam konflik tersebut.

4. Kesimpulan

Penggunaan habitat oleh macan tutul jawa dengan nilai paling tinggi terdapat pada tipe habitat berupa hutan alam primer, ketinggian 751-1.250 mdpl, dan kemiringan lahan curam (26-40%), dengan sedikit gangguan manusia. Kawasan hutan Gunung Sawal merupakan habitat yang berpotensi sesuai bagi macan tutul jawa dengan nilai validasi model tergolong sangat baik dimana variabel lingkungan yang paling memengaruhi keberadaan macan tutul jawa adalah jarak dari satwa mangsa, lereng, dan ketinggian.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam Jawa Barat, Bidang KSDA Wilayah III Ciamis, Seksi Konservasi Wilayah VI Tasikmalaya atas bantuan dan pemberian izin untuk penelitian ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua petugas lapang yang telah memberikan bantuan selama penelitian di kawasan hutan Gunung Sawal.

Daftar Pustaka

Alexander, J. S., Gopaldaswamy, A. M., Shi, K., Hughes, J., Riordan, P.

(2016). Patterns of snow leopard site use in an increasingly human-dominated landscape. *PLoS One*, 11(5), e0155309. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155309>.

Andrian, S., Purba, M. (2014). Pengaruh ketinggian tempat dan kemiringan lereng terhadap produksi karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) di kebun Hasepong PTPN III Tapanuli Selatan. *Jurnal Online Agroteknologi*, 3(2): 981–989.

Athreya, V., Odden, M., Linnell, J. D. C., Krishnaswamy, J., & Karanth, U. (2013). Big Cats in Our Backyards: Persistence of Large Carnivores in a Human Dominated Landscape in India. *PLoS ONE*, 8(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057872>.

Athreya, V., Odden, M., Linnell, J. D. C., Krishnaswamy, J., & Karanth, K. U. (2016). A cat among the dogs: Leopard *Panthera pardus* diet in a human-dominated landscape in western Maharashtra, India. *Oryx*, 50(1), 156–162. <https://doi.org/10.1017/S0030605314000106>.

CITES. (2020). Appendices I, II, and III, valid from 28 August 2020. *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*. Diakses dari: <https://cites.org/eng/app/appendices.php>.

Clements, G. R., Rayan, D. M., Aziz, S. A., Kawanishi, K., Traeholt, C., Magintan, D., Yazi, M. F. A., & Tingley, R. (2012). Predicting the distribution of the asian tapir in Peninsular Malaysia using maximum entropy modelling. *Integrative Zoology*, 7(4), 400–406. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2012.00314.x>.

Debeljak, M., Dzeroski, S., Jerina, K., Kobler, A., Adamic, M., (2001).

- Habitat suitability modelling of red deer (*Cervus elaphus*, L) in South-Central Slovenia. *Ecological Modelling*, 138 (1–3): 321–330. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00411-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00411-7).
- Ekwal, I., Tahir, H., & Tahir, M. (2012). Modelling of Habitat Suitability Index for Muntjac (*Muntiacus muntjak*) Using Remote Sensing, GIS and Multiple Logistic Regression. *Journal of Settlements and Spatial Planning*, 3(2), 93–102.
- 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.x>.
- Fathony, R. A. (2020). *Konflik dan persepsi masyarakat sekitar kawasan hutan Gunung Sawal terhadap macan tutul jawa (Panthera pardus melas Cuvier, 1809)* (Skripsi Sarjana). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Furstenburg, D. (2010). *Focus on the Leopard (Panthera pardus)*. Heidelberg: Geo Wild Consult (Pty) Ltd.
- Gasso, N., Thuiller, W., Pino, J., & Vila, M. (2012). Potential distribution range of invasive plant species in Spain. *NeoBiota*, 12, 25–40. <https://doi.org/10.3897/neobiota.12.2341>.
- Gunawan, H. (2010). *Habitat dan penyebaran macan tutul jawa (Panthera pardus melas Cuvier 1809) di Lanskap Terfragmentasi di Jawa Tengah* (Desertasi Doktor). Insitut Pertanian Bogor, Bogor.
- Gunawan, H., Prasetyo, L. B., Mardiasuti, A., & Kartono, A. P. (2012). Habitat macan tutul jawa (*Panthera pardus melas* Cuvier 1809) di lanskap hutan tanaman pinus. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 9(1), 49–67. <https://doi.org/10.20886/jphka.2012.9.1.049-067>.
- Gunawan, H., Iskandar, S., Sihombing, V. S., Wienanto, R. (2017). Conflict between humans and leopards (*Panthera pardus melas* Cuvier, 1809) in Western Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 18(2), 652–658. <https://doi:10.13057/biodiv/d180229>.
- Gunawan, H., & Sihombing, V. S. (2017). Preferensi habitat macan tutul jawa (*Panthera pardus melas* Cuvier 1809) di Jawa bagian barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 1, 35–43. <https://doi:10.20886/jphka.2017.14.1.35-44>.
- Istiawan, N. D., Kastono, D. (2019). Pengaruh ketinggian tempat tumbuh terhadap hasil dan kualitas minyak cengkik (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry.) di Kecamatan Samigaluh, Kulon Progo. *Vegetalika*, 8(1), 27–41. <https://doi.org/10.22146/VEG.35744>.
- Jafari, A., Ahmadmahmoodi, R. Z., & Mirzaei, R. (2018). Persian leopard and wild sheep distribution modelling using the maxent model in the Tang-e-Sayad protected area, Iran. *Mammalia*, 83(1), 84–96. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2016-0155>.
- Knopff, A. A., Knopff, K. H., Boyce, M. S., & St. Clair, C. C. (2014). Flexible habitat selection by cougars in response to anthropogenic development. *Biological Conservation*, 178, 136–145. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.017>.
- O'Brien, T. G., Kinnaird, M. F., & Wibisono, H. T. (2003). Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, 6(2), 131–139. <https://doi.org/10.1017/S1367943003003172>.

- Patthey, P. (2003). *Habitat and corridor selection of an expanding red deer (Cervus Elaphus) population* (Desertasi Doktor). University of Lausanne, Lausanne.
- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M., Peterson, A. T. (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34, 102–117. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01594.x>.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor. P.106/Menlhk/Setjen/Kum.1/12/2018 tentang Perubahan kedua atas peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan No. P.20/Menlhk/Setjen/Kum.1/6/2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa yang Dilindungi.
- Rahman, D. A., Gonzalez, G., Haryono, M., Muhtarom, A., Firdaus, A. Y., & Aulagnier, S. (2017). Factors affecting seasonal habitat use, and predicted range of two tropical deer in Indonesian rainforest. *Acta Oecologica*, 82, 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2017.05.008>.
- Rahman, D. A., Rianti, P., Muhiban, M., Muhtarom, A., Rahmat, U. M., Santosa, Y., & Aulagnier, S. (2018). Density and spatial partitioning of endangered sympatric Javan leopard (Felidae) and dholes (Canidae) in a tropical forest landscape. *Folia Zoologica*, 67(3–4), 207–219. <https://doi.org/10.25225/fozo.v67.i3-4.a8.2018>.
- Rahman, D. A., Rinaldi, D., Kuswanda, W., Siregar, R., Ch, F. N., Hakim, F., ... & Putro, H. R. (2019). Determining the landscape priority and their threats for the critically endangered *Pongo tapanuliensis* population in Indonesia. *Biodiversitas*, 20(12), 3584–3592. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d201217>.
- Rahman, D. A. (2020). Ecological niche and potential distribution of the endangered bos javanicus in South-Western Java, Indonesia. *Therya*, 11(1), 57–68. <https://doi.org/10.12933/therya-20-840>.
- Ripple, W. J., Estes, J. A., Beschta, R. L., Wilmers, C. C., Ritchie, E. G., Hebblewhite, M., ... & Wirsing, A. J. (2014). Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science*, 343(6167). <https://doi.org/10.1126/science.1241484>.
- Sa'adah, V. S., Zuhud, E. A. M., & Siswoyo, S. (2019). The Potential Utilization of Aromatic Plants in Kembang Kuning Resort, Gunung Rinjani National Park, West Nusa Tenggara. *Media Konservasi*, 24(1), 1–10. <https://doi.org/10.29244/medkon.24.1.1-10>.
- Schutz, M., Risch, A. C., Leuzinger, E., Krusi, B. O., Achermann, G. (2003). Impact of herbivory by red deer (*Cervus elaphus* L.) on patterns and processes in subalpine grasslands in the Swiss National Park. *Forest Ecology Management*, 181, 177–188. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00131-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00131-2).
- Shanidah, S. S., Partasasmita, R., Husodo, T., Parikesit, Febrianto, P., & Megantara, E. N. (2018). The existence of javan leopard (*Panthera pardus melas* cuvier, 1809) in the non-conservation forest areas of Cisokan, Cianjur, West Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 19(1), 42–46. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190107>.
- Sharma, R. K., Bhatnagar, Y. V., & Mishra, C. (2015). Does livestock

- benefit or harm snow leopards?. *Biological Conservation*, 190, 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.04.026>.
- Stein, A. B., Athreya, V., Gerngross, P., Balme, G., Henschel, P., Karanth, U., ... & Ghoddousi, A. (2020). *Panthera pardus* (amended version of 2019 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T15954A163991139. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-1.RLTS.T15954A163991139.en>.
- Surat Keputusan Direktur Jenderal KSDAE Nomor. 180/IV-KKH/2015 tentang Penetapan dua puluh lima satwa terancam punah prioritas untuk ditingkatkan populasinya sebesar 10% pada tahun 2015-2019.
- Wibisono, H. T., Wahyudi, H. A., Wilianto, E., Pinondang, I. R. M., Primajati, M., Liswanto, D., & Linkie, M. (2018). Identifying priority conservation landscapes and actions for the Critically Endangered Javan leopard in Indonesia: Conserving the last large carnivore in Java Island. *PLoS ONE*, 13(6), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198369>.
- Yulianti, S. (2019). *Pemetaan area prioritas restorasi habitat macan tutul jawa (Panthera pardus melas) di Taman Nasional Gunung Halimun Salak* (Skripsi Sarjana). Institut Pertanian Bogor, Bogor.