

**PREDIKSI DISTRIBUSI HABITAT BERUANG MADU (*Helarctos malayanus*)
MENGUNAKAN MAXIMUM ENTROPY DI SUMATERA BARAT**

SKRIPSI

*Sebagai Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Kehutanan (S. Hut) Pada
Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*

MUHAMMAD KHOIRUDIN

NIM: 191000254251037



PROGAM STUDI KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS MUHAMMADIYA SUMATERA BARAT

PADANG

2024

Hak Cipta milik UM Sumatera Barat, tahun 2024

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan UM Sumatera Barat.

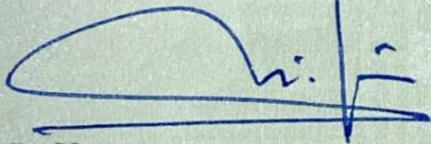
Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin UM Sumatera Barat.

LEMBARAN PENGESAHAN

Skripsi ini di ajukan oleh : Muhammad Khoirudin
Nama : Muhammad Khoirudin
Nim : 191000254251037
Program Studi : Kehutanan
Judul : Prediksi Distribusi Habitat Beruang (*Helarctos Malayanus*) Menggunakan Maximum Entropy Di Sumatera Barat

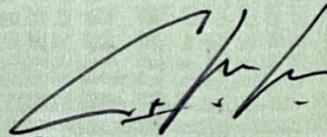
Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



Ir. Noril Milantara. S. Hut. M. Si, IPM
NIDN: 1030108501

Dosen Pembimbing II

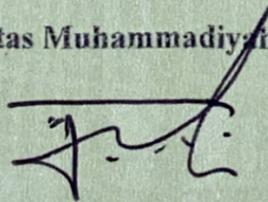


Gusmardi Indra S. Si, M. Si
NIDN: 1001086902

Mengetahui

Dekan Fakultas Kehutanan

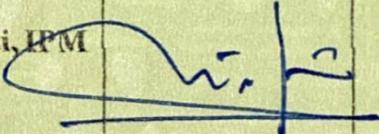
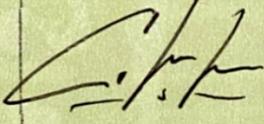
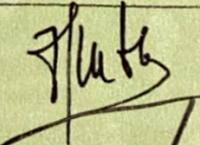
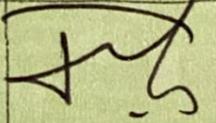
Universitas Muhammadiyah Sumatra Barat



Dr. Teguh Haria Aditia Putra, MP
NIDN : 1030108501

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di hadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang digunakan untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan pada Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat dan dinyatakan lulus pada tanggal 16 februari 2024. Skripsi ini telah di periksa dan disahkan oleh:

NO	NAMA	TANDA TANGAN	JABATAN
1.	Ir. Noril Milantara. S. Hut. M. Si, IPM		KETUA
2.	Gusmardi Indra S. Si, M. Si		ANGGOTA
3.	Dr. Hernawat M. Si		ANGGOTA
4.	Dr. Teguh Haria Aditia Putra, MP		ANGGOTA

**PREDIKSI DISTRIBUSI HABITAT BERUANG MADU (*Helarctos malayanus*)
MENGUNAKAN MAXIMUM ENTROPY DI SUMATERA BARAT**

SKRIPSI

MUHAMMAD KHOIRUDIN

NIM: 191000254251037



**PROGAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYA SUMATERA BARAT
PADANG
2024**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan akhir dengan judul “Prediksi Distribusi Habitat Beruang Madu Menggunakan Maximum Entropy Di Sumatera Barat” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Padang, 26 Februari 2024

Materai 10000

Muhammad Khoirudin

191000254251037

HALAMAN PERSEMBAHAN



Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah SAW.

MOTTO HIDUP

“Karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan” “Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah: 5-6)

وَلَا تَهِنُوا وَلَا تَحْزَنُوا وَأَنْتُمْ الْأَعْلَوْنَ إِنْ كُنْتُمْ مُؤْمِنِينَ

“Dan janganlah kamu bersikap lemah, dan janganlah (pula) bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang-orang yang beriman”

(Q.S Al-Imran: 139)

Tingkat kesulitan yang dirasakan setiap individu akan berbeda-beda, didasarkan kepada kemampuan setiap individu masing-masing. Bukan berarti seseorang yang mampu dalam suatu hal tidak merasakan sedikitpun kesulitan.

Orang lain tidak akan bisa paham struggle dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tahu hanya bagian success storiesnya. Berjuanglah untuk diri sendiri, walaupun tidak ada yang tepuk tangan, kelak diri kita dimasa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat ku sayangi

Ibunda dan Ayahanda ku Tercinta

Sebagai tanda bukti, hormat dan rasa terimakasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Ibunda (Wantiah) dan Ayahanda (Zainuddin) yang telah memberikan kasih sayang, secara dukungan, ridho, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat ku balas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Ibunda dan Ayahanda berbahagia. Karena aku sadar, selama ini belum bisa berbuat lebih.

Untuk Ibunda dan Ayahanda yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendoakan, selalu menasehati, serta selalu meridhoiku melakukan hal yang lebih baik, Terimakasih Ibunda...

Terimakasih Ayahanda...

Adik ku Tercinta

Sebagai tanda terimakasih aku persembahkan karya kecil ini untuk adikku (Syifa'ul Aulia) Terimakasih telah memberikan semangat dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga doa dan semua hal yang terbaik yang kamu berikan menjadikan aku orang yang terbaik pula...

Teman-teman Superstar

Kepada teman-temanku yang selalu memberikan motivasi, nasehat, dukungan moral, serta material yang selalu membuatku semangat untuk menyelesaikan skripsi ini. Kepada Superstar Family (Eka, Fadhli, Rey, Ary, Raushan, Afdoli, Dihan, Iqbal, Hadi.) telah memberikan kenyamanan tempat tinggal selama perkuliahan

Team Bolot

Kalian, sahabat-sahabatku di tim Bolot, adalah bagian tak terpisahkan dari perjalanan kita selama kuliah. Bersama-sama kita telah melewati segala lika-liku, dari kegembiraan hingga kesedihan. Terima kasih, Doli, Ikar, Diva, Dinda, Fajri Trio, dan Ariska, atas segalanya. Kehadiran kalian telah memberi warna pada langkah-langkah kita dengan impian, kebahagiaan, dan tantangan. Setiap tawa dan cerita telah menjadi benang yang mengikat erat hubungan kita. Semoga kenangan ini tetap abadi dan semangat persahabatan kita terus membara. Terima kasih, sahabat-sahabatku, atas semua momen indah ini.

Avifauna 19

Kepada teman-teman angkatan Avifauna 19 terimakasih atas kisah panjang yang sama-sama kita lalui selama ini, terimakasih atas semua kebersamaan, kebahagiaan, suka, maupun duka yang telah kita rasakan dan lalui bersama-sama. Kita dipertemukan karena tujuan yang sama, dan akan dipisahkan oleh tujuan dan masa depan masing-masing. Apapun itu, terimakasih telah menjadi bagian dari kisah ini, dan terimakasih telah menjadi saudara/i yang nyata.

Thanks You Guys...

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Muhammad Khoirudin adalah penulis skripsi ini dilahirkan di Bangun Rejo pada 22 Mei 2001 sebagai anak ke 1 dari 2 bersaudara dari pasangan bapak Zainuddin dan Wantiah. Saat ini penulis berdomisili di Bangun Rejo, Kecamatan Sangir Kabupaten Solok Selatan. Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 24 Pincuran Tujuh, dan melanjutkan ke Madrasah Tsanawiyah di MTsS Nurul Falah. Pada tahun 2016 penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 6 Solok Selatan, dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun 2019, penulis diterima sebagai mahasiswa program sarjana (S1) di Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumaetera Barat.

Selama mengikuti program S1, penulis aktif menjadi anggota BEM Sylva Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat pada periode 2019-2020 di bidang Olahraga. Pada tahun 2023-2024 penulis aktif menjadi anggota Formap Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat menjabat di Divisi Geographic Information System (GIS).

Padang, 26 Februari 2024

Muhammad Khoirudin

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Khoirudin

Nim : 191000254251037

Tahun terdaftar : 2019

Program studi : Kehutanan

Fakultas : Kehutanan

Menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dicantumkan dalam naskah dan disebutkan dalam daftar kepustakaan.

Mengetahui

Operator Fakultas,

Padang, 26 Februari 2024
Penulis,

Materai 1000

Rosi Amalia, S. Kom

Muhammad Khoirudin

Prediction of Habitat Distribution of Sun Bears (*Helarctos malayanus*) Using Maximum Entropy in West Sumatra

Muuhammad Khoirudin (191000254251037)

(Ir. Noril Milantara, S.Hut., M.Si, IPM dan Gusmardi Indra, S. Si., M. Si)

ABSTRACT

*This research aims to predict the distribution of sun bear (*Helarctos malayanus*) habitat in West Sumatra using the Maximum Entropy (MaxEnt) method. Data on the presence of sun bears was obtained from the Indonesian Sintas Foundation of West Sumatra from 2019 to 2022. A total of 168 sun bear distribution coordinates were used for modeling. Nine environmental variables, including land cover, climate, elevation, vegetation index, distance to river, distance to road, distance to plantation, slope, and average temperature, were used as determinants in predicting habitat suitability. Modeling was conducted using MaxEnt software version 3.3.3k. Modeling results show that the distribution of sun bear habitat is uneven in West Sumatra, with the main focus of optimal habitat in protected forests, especially in the north. Two main variables, Protection Forest (55%) and Conservation Forest (44%), were the main determinants of sun bear habitat distribution. Analysis of environmental variables showed that elevation, land use, rainfall, distance from roads, and distance from settlements contributed significantly to the prediction of sun bear habitat. Sun bears tend to inhabit areas with elevations between 1500-2000 masl, primary and secondary forests, rainfall around 240-260 mm/month, and at a distance of 4-5 km from roads and settlements. The Jackknife test identified distance from roads as having the highest impact on the prediction of sun bear habitat, while land use variables were effective when used separately. Understanding the distribution of sun bear habitat can provide an important foundation for conservation efforts. The main focus of conservation should be placed on protected forests and conservation areas, while road and settlement management can be a key factor in reducing human-animal conflict.*

Keywords: Sun Bear, Distribution Prediction, Maximum Entropy, West Sumatra, Habitat Conservation.

Prediksi Distribusi Habitat Beruang Madu (*Helarctos malayanus*) Menggunakan Maximum Entropy Di Sumatera Barat

Muhammad Khoirudin (191000254251037)

(Ir. Noril Milantara, S.Hut., M.Si, IPM dan Gusmardi Indra, S. Si., M. Si)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi distribusi habitat beruang madu (*Helarctos malayanus*) di Sumatera Barat dengan menggunakan metode Maximum Entropy (MaxEnt). Data keberadaan beruang madu diperoleh dari Yayasan Sintas Indonesia Sumatera Barat dalam rentang waktu tahun 2019 hingga 2022. Sebanyak 168 temuan koordinat sebaran beruang madu digunakan untuk pemodelan. Kesembilan variabel lingkungan, termasuk tutupan lahan, iklim, elevasi, indeks vegetasi, jarak ke sungai, jarak ke jalan, jarak ke perkebunan, kemiringan, dan suhu rata-rata, digunakan sebagai faktor penentu dalam prediksi kesesuaian habitat. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *MaxEnt*. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa distribusi habitat beruang madu tidak merata di Sumatera Barat, dengan fokus utama habitat optimal terdapat di hutan lindung, terutama di bagian utara. Dua variabel utama, Hutan Lindung (55%) dan Hutan Konservasi (44%), menjadi penentu utama distribusi habitat beruang madu. Analisis variabel lingkungan menunjukkan bahwa elevasi, penggunaan lahan, curah hujan, jarak dari jalan, dan jarak dari pemukiman memberikan kontribusi signifikan terhadap prediksi habitat beruang madu. Beruang madu cenderung mendiami daerah dengan ketinggian antara 1500-2000 mdpl, hutan primer dan sekunder, curah hujan sekitar 240-260 mm/bulan, serta pada jarak 4-5 km dari jalan dan pemukiman. Uji Jackknife mengidentifikasi variabel jarak dari jalan sebagai memiliki dampak tertinggi pada prediksi habitat beruang madu, sementara variabel penggunaan lahan efektif jika digunakan secara terpisah. Pemahaman distribusi habitat beruang madu dapat menjadi landasan penting dalam upaya konservasi. Fokus utama konservasi sebaiknya ditempatkan pada hutan lindung dan kawasan konservasi, sementara pengelolaan jalan dan pemukiman dapat menjadi faktor kunci dalam mengurangi konflik manusia-hewan.

Kata Kunci: Beruang Madu, Prediksi Distribusi, Maximum Entropy, Sumatera Barat, Konservasi Habitat.

KATA PENGANTAR

Puji syukur hadirat Allah S.W.T karena berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat beserta salam penulis doa kan kepada Allah S.W.T untuk disampaikan kepada junjungan alam Baginda Rasullullah Nabi besar Muhammad Shallallahu'alaihi Wasallam yang telah membawa umat manusia ke kehidupan yang penuh dengan budi pekerti yang mulia dan ilmu pengetahuan.

Penelitian dengan judul “**Prediksi Distribusi Habitat Beruang Madu (*Helarctos Malayanus*) Menggunakan Maximum Entropy Di Sumatera Barat**”, yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan sarjana pada Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, alhamdulillah telah dapat diselesaikan dengan baik. Dengan terselesainya skripsi ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Noril Milantara, S.Hut. M.Si, selaku Ketua Prodi Kehutanan dan pembimbing I yang senantiasa mendidik dan memotivasi penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Gusmardi Indra, S. Si., M. Si Selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa mendidik dan memotivasi penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Ibuk Dr. Hernawati, M. Si Selaku Dosen Penguji I yang sudah memberikan kritikan dan sarannya untuk tambahan dalam skripsi.
4. Dr. Teguh Haria Aditia Putra, MP, selaku Dekan Fakultas Kehutanan Sekaligus Pembimbing Akademik dan Penguji II saya Yang Senantiasa membimbing memberi arahan kritikan dan sarannya Dalam menjalani perkuliahan maupun skripsi.
5. Dosen, KTU beserta Staff Fakultas Kehutanan yang telah membantu dalam pengurusan surat izin pelaksanaan skripsi
6. Seluruh teman-teman seangkatan,serta senior-senior dan seluruh pihak yang telah membantu dalam kelancaran penyusunan laporan ini.
7. Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) Sumatera Barat yang telah memberikan izin Untuk penggunaan data dalam penelitian.
8. Direktur dan Staff SINTAS Indonesia yang memeberikan izin penelitian, mengikuti kegiatan, dan penggunaan data dalam penelitian.
9. Uda-uda dan Kakak-kakak (kak Vika, Aulia, Uda Nando, uda tofik, uda Hanafi dan Bang Alan) Yang telah memberikan nasehat, saran dan Membantu pengambilan data di lapangan.
10. Uda Alitha Mas Johanes yang telah membimbing, mengarahkan dan membimbing selama proses penelitian.
11. Kepada orang tua, ayahanda tercinta M. Jainudin dan ibunda tercinta Wantiah yang telah memberikan dukungan baik moral maupun material serta do'a yang tiada henti- hentinya kepada penulis.

Akhir kata, penulis mengharapkan Proposal Penelitian ini dapat memberikan manfaat dan semoga Allah SWT memberikan Perlindungan bagi kita semua. Aamiinn

Padang, 26 Februari 2024

Muhammad Khoirudin

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	i
LEMBARAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ix
ABSTRAK xi	
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Kerangka Berpikir	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Hutan sebagai habitat satwa liar	6
2.2 Beruang madu (<i>helarctos malayanus</i>).....	7
2.3 Bioekologi Beruang madu (<i>Helarctos malayanus</i>)	9
2.4 Sebaran Beruang Madu (<i>helarctos malayanus</i>).....	10
2.5 Maximum Entropy (MaxEnt)	11
2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)	13
BAB III METODOLOG PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat	14
3.1.1 Penyusunan Data Kehadiran Beruang Madu	16
3.2 Alat dan Bahan	15
3.3 Metode Penelitian.....	15
3.4 Prosedur Kerja	16
3.4.1 Penyusunan Variabel Lingkungan	16
3.5 Analisis Data	17
3.5.1 Pemodelan Distribusi Habitat Beruang Madu di Sumatera Barat.	17
3.5.2 Analisis Variable Kontribusi	18
3.5.3 Analisis Respon Kurva	19

3.6	Klasifikasi Tipe Habitat yang Sesuai untuk Beruang Madu di Sumatra Barat.....	19
BAB IV	DESKRIPSI LOKASI PENELITIAN.....	20
4.1	Gambaran Umum Provinsi Sumatra Barat	20
4.1.1	Sejarah Provinsi Sumatera Barat	20
4.1.2	Kondisi Geografis Provinsi Sumatera Barat.....	20
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	22
5.1	Pemodelan Distribusi Habitat Beruang Madu di Sumatra Barat	22
5.1.1	Hasil Model <i>maxEnt</i> distribusi habitat beruang madu	22
5.1.2	Hasil Analisis Model distribusi habitat beruang madu	23
5.1.3	Model prediksi distribusi beruang madu berdasarkan fungsi kawasan ..	26
5.2	Analisis Faktor yang Berpengaruh terhadap Distribusi Habitat Beruang Madu Di Sumatra Barat	29
5.2.1	Keakuratan dan Kinerja Model Prediksi.....	29
5.2.2	Probabilitas Distribusi Habitat Berdasarkan Variable Lingkungan	30
5.2.3	Analisis kontribusi variabel lingkungan	33
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	39
6.1	Kesimpulan.....	39
6.2	Saran.....	40
	DAFTAR PUSTAKA.....	41
	LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

1. Data, Sumber data, jenis data, dan format	17
2. Klasifikasi ukuran kinerja model berdasarkan nilai <i>Area Under Curve</i>	18
3. Luas dan presentase habitat yang sesuai untuk beruang madu.	31

DAFTAR GAMBAR

1. Kerangka Berpikir.....	5
2. Peta Lokasi Penelitian.....	14
3. Hasil Model <i>MaxEnt</i> distribusi habitat beruang madu di Sumatera Barat.....	24
4. Model Prediksi habitat Beruang Madu di Sumatera Barat.....	25
5. Model prediksi distribusi beruang madu berdasarkan fungsi kawasan.....	27
6. Persentase sebaran habitat beruang madu berdasarkan fungsi kawasan.....	28
7. Average Sensitivity Model Prediksi.....	29
8. Kurva Respon variable lingkungan elevation (Ketinggian).....	30
9. Kurva respon Variable lingkungan Land Use (Penggunaan Lahan).....	31
10. Kurva Respon Variable lingkungan Precipitation (Curah Hujan).....	32
11. Kurva Respon Variable Lingkungan (Jarak Dari Jalan).....	32
12. Grafik hasil <i>uji jackknife</i> pada nilai AUC.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

1. Dokumentasi lapangan	45
2. Hasil uji korelasi	46
3. Persentase distribusi berdasarkan fungsi kawasan	47
5. Hasil uji <i>jekknife training gain</i>	48
6. Hasil uji <i>jekknife test gain</i>	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hutan merupakan suatu kumpulan tumbuhan dan tanaman terutama pepohonan maupun tumbuhan berkayu yang menempati wilayah yang cukup luas dan tumbuhnya cukup rapat (horizontal dan vertical). Undang - Undang No 41 Tahun 1999 tentang kehutanan Mendefinisikan Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan.

Menurut CIFOR (2015) Indonesia merupakan negara dengan tingkat kerusakan hutan paling parah kedua di dunia dan tercatat sebagai negara dengan laju deforestasi paling tinggi yaitu dua juta hektar per tahun (Tanjung et al. 2017). Hutan Sumatera Barat berada pada wilayah perbukitan dengan ke lerengan yang agak curam sampai dengan sangat curam, karena ketinggian Sumatera Barat umumnya sangat bervariasi. Luas areal yang mempunyai ketinggian 0 sampai 100 mdpl meliputi 1.286.793 ha (30,41%), daerah dengan ketinggian 100 - 500 mdpl mencapai 643.552 ha (15,21%), antara 500 - 1.000 mdpl seluas 1.357.045 ha (32,07%), antara 1.000 - 1.500 mdpl terdapat 767.117 ha (18,13%), daerah dengan ketinggian 1.500 - 2.000 mdpl tercatat 113.116,6 Ha (2,67%), dan sisanya daerah dengan ketinggian di atas 2.500 mdpl (Noor 2018).

Berdasarkan kondisi tutupan lahan nya menurut data Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2017), Sumatera Barat memiliki tutupan lahan hutan sebesar 46 %, yang terdiri atas 14 % hutan primer, 31,6 % hutan sekunder, dan 0,4 % hutan tanaman. Meskipun demikian, sekitar 630.695 ha lahan di dalam dan luar kawasan hutan dilaporkan berada pada tingkat kritis dan sangat kritis (Noor, 2018). Dengan kondisi demikian seharusnya tanpa adanya kerusakan hutan Sumatera Barat memiliki biodiversity yang tinggi untuk kelangsungan hidup satwa liar salah satunya beruang madu.

Beruang madu hidup di hutan-hutan primer, hutan sekunder dan sering juga di lahan-lahan pertanian. Habitat beruang madu adalah hutan hujan tropis dataran rendah, hutan Dipterocarpaceae dan hutan pegunungan (Estyadi 2011).

Menurut Meijaard (1998) terdapat empat faktor yang mempengaruhi kelangsungan hidup beruang madu, yaitu perburuan, perdagangan beruang dan bagian-bagian tubuhnya, perusakan habitat serta pendirian perkebunan (Estyadi 2011). Servheen (1998) memaparkan bahwa kurangnya pengetahuan mengenai populasi, penyebaran, fragmentasi populasi dan tingkat kematian beruang menimbulkan ancaman bagi populasi beruang madu di seluruh daerah penyebarannya (Estyadi 2011). Banyak populasi beruang madu yang telah mengalami kepunahan akibat perpaduan antara berkurangnya habitat dan peningkatan populasi manusia. Sangat mungkin bahwa populasinya di banyak daerah telah terfragmentasi dan terisolasi menjadi subpopulasi kecil yang dapat meningkatkan angka kematiannya.

Menurut CITES 2015 Beruang madu (*Helarctos malayanus*) tergolong satwa Appendix I, yaitu jenis satwa yang dilarang dalam segala bentuk perdagangan internasional. Perdagangan spesimen dari spesies yang ditangkap di alam bebas adalah ilegal dan diizinkan hanya dalam keadaan luar biasa. Menurut daftar merah IUCN (IUCN red list) satwa ini tergolong vulnerable atau rentan mengalami kepunahan kecuali jika penanganan keselamatan dan reproduksinya baik (Scotson et al. 2017). Sedangkan di Indonesia sendiri kebijakan untuk melindungi beruang madu diterbitkan melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 106 tahun 2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa yang Dilindungi, mengelompokkan beruang madu ke dalam satwa yang dilindungi (Robinson, 2020).

Beruang madu merupakan spesies yang juga mendiami wilayah Sumatera Barat. Mereka menghuni habitat berupa hutan dengan pohon-pohon tinggi yang membentuk kanopi. Beruang madu dapat dijumpai di berbagai kawasan konservasi, termasuk Taman Nasional Kerinci Seblat di Sumatera Barat. Hutan ini menjadi tempat berbagai jenis tumbuhan dan makanan yang menjadi kebutuhan utama beruang madu, seperti jagung dan berbagai buah-buahan (Aqila 2015)

Beruang madu sering muncul di Sumatera Barat dan sering menimbulkan konflik dengan manusia. Beberapa daerah di Sumatera Barat yang melaporkan terjadi konflik dengan beruang madu antara lain di Agam, Pasaman, Limapuluh Kota, dan Lubuk Kilangan. Konflik tersebut terjadi karena beruang madu mencari makanan di sekitar organisasi warga dan merusak perkebunan warga. Dari Badan konservasi Sumber Daya Alam Sumatera Barat telah melakukan penanganan konflik dengan beruang madu, seperti memasang kandang jebak dan kamera tersembunyi untuk mengevakuasi beruang madu yang masuk ke organisasi warga. BKSDA Sumatera Barat juga mengimbau masyarakat untuk selalu waspada dan berhati-hati dalam beraktivitas.

Maka dari itu alasan penulis mengambil judul penelitian ini, karena belum adanya penelitian mengenai beruang madu di Sumatera barat sebelumnya, dengan menggunakan *MaxEnt (Maximum Entropy)* yang bertujuan untuk memodelkan bagaimana kesesuaian habitat Beruang madu di Sumatra Barat dalam upaya perlindungan secara *in-situ*. Sehingga hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan ilmiah dalam upaya konservasi Beruang madu di Sumatra Barat.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana prediksi kesesuaian habitat beruang madu di Provinsi Sumatra Barat?
2. Faktor lingkungan apa saja yang mempengaruhi prediksi distribusi habitat beruang madu di Provinsi Sumatra barat?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui prediksi distribusi habitat beruang madu di Sumatra Barat.
2. Untuk mengetahui variabel lingkungan apa saja yang mempengaruhi prediksi kesesuaian habitat beruang madu di Sumatra Barat.

1.4 Manfaat Penelitian

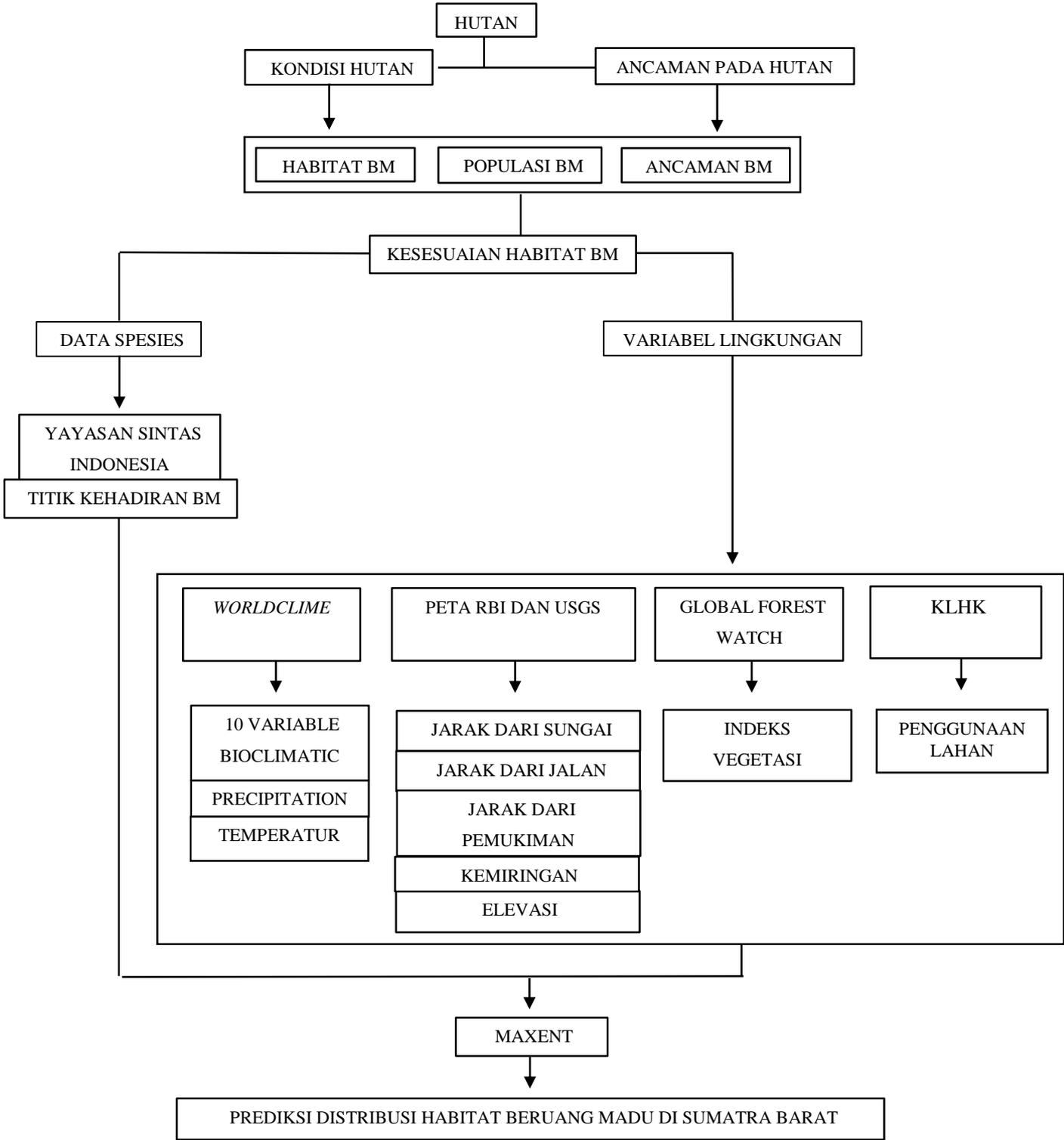
Manfaat dari hasil penelitian ini tidak saja memberikan informasi spasial kesesuaian habitat beruang madu di wilayah Sumatra Barat, akan tetapi penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan sebagai rujukan ilmiah

dalam upaya konservasi Beruang madu di masa yang akan datang seperti, pelepasliaran beruang madu.

1.5 Kerangka Berpikir

Beruang Madu (*Helarctos malayanus*) adalah jenis satwa dilindungi yang habitatnya sekarang sangat mengkhawatirkan yang mengakibatkan terancamnya kelangsungan hidup beruang madu seperti, perburuan, perdagangan beruang madu, degradasi hutan, perubahan fungsi hutan yang mengakibatkan hilangnya habitat beruang madu. Maka dari itu Penelitian mengenai kesesuaian habitat beruang madu dilakukan untuk memprediksi kesesuaian habitat Beruang Madu di Sumatra Barat dan faktor penyebab utamanya. Data yang di peroleh dianalisa dengan menggunakan program *MaxEnt* (Maximum Entropy) untuk memodelkan kesesuaian habitat Beruang madu di Sumatra Barat. Hal inilah yang menjadi dasar pemikiran untuk melakukan penelitian tentang kesesuaian habitat beruang madu di Sumatera Barat. Kerangka berpikir penelitian ini secara skematis diperlihatkan pada Gambar 1

Gambar 1. Kerangka Berpikir



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hutan sebagai habitat satwa liar

Menurut Ahli Ekologi. Hutan adalah komunitas tumbuhan yang terdiri dari berbagai macam jenis pohon yang tumbuhnya secara bersama-sama dengan susunan yang berjajar rapat. Menurut Bagaskara (2022) hutan adalah sebuah lahan lapang yang didominasi oleh pepohonan yang banyak dan menjadi tempat tinggal bagi binatang, tumbuhan, dan organisme lainnya. Hutan memainkan peran penting sebagai habitat bagi satwa liar. Satwa membutuhkan hutan sebagai tempat tinggal dan sumber makanan. Sebaliknya, hutan juga membutuhkan keberadaan satwa liar untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Seperti, beberapa spesies satwa liar berperan dalam penyerbukan tumbuhan, membantu regenerasi hutan, dan menjaga keseimbangan ekosistem dengan memakan tumbuhan tertentu (Oktavianto 2023).

Definisi habitat yang berkaitan dengan satwa liar datang dari Hall et al. (1997) yaitu sumberdaya dan kondisi yang ada pada suatu tempat yang memberikan tempat hidup, termasuk bertahan dan reproduksi bagi suatu organisme. Definisi ini berimplikasi bahwa habitat adalah spesifik untuk jenis populasi satwa liar tertentu, sehingga habitat yang sesuai bagi satu jenis populasi belum tentu sesuai dengan jenis lainnya karena setiap spesies atau satwa membutuhkan kondisi habitat yang berbeda-beda (Hall et al. 1997). Berdasarkan definisi di atas maka Kriteria suatu kawasan dapat disebut habitat apabila kawasan/daerah tersebut mampu menyediakan segala kebutuhan organisme/populasi yang tinggal di dalamnya.

Terdapat empat komponen dasar habitat adalah makanan, cover, air dan ruang. Semua jenis satwa dapat hidup di suatu tempat hanya jika kebutuhan pokoknya seperti makanan, air, cover dan ruang tersedia serta jika satwa memiliki daya adaptasi yang memungkinkannya menghadapi iklim yang ekstrim, kompetitor dan predator (Morrison dan Marcot 2006). Menurut Bailey (1984) Habitat merupakan hasil interaksi berbagai komponen, yaitu komponen biotik yang terdiri atas tumbuhan dan satwa serta komponen abiotik yang meliputi tanah, topografi dan iklim. Kedua komponen tersebut membentuk suatu sistem yang mengendalikan kehidupan satwa liar.

Komponen biotik merupakan suatu komponen yang ada di dalam ekosistem dan biasanya berupa suatu organisme mahluk hidup. Dimana komponen biotik ini bervariasi, mulai dari hewan, manusia, tumbuhan, dan juga mikro-organisme. Komponen biotik atau mahluk hidup berada di dalam habitatnya masing-masing. Habitat merupakan tempat atau lingkungan yang cocok untuk mahluk hidup tertentu untuk bisa berkembang dan melangsungkan kehidupan mereka (Azizah 2021).

Komponen abiotik merupakan semua bentuk benda mati yang terdapat di permukaan bumi dan memberikan banyak manfaat serta pengaruh untuk kehidupan manusia dan juga mahluk hidup lainnya. Walaupun komponen abiotik berupa benda yang tidak hidup, maka komponen tersebut tetap memiliki peranan yang penting dan dibutuhkan untuk kelangsungan hidup organisme yang ada di dalam sebuah ekosistem. Komponen abiotik ini juga memiliki peranan yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan komponen lain dalam sebuah ekosistem (Azizah 2021).

Berdasarkan penjelasan di atas, hutan didefinisikan sebagai habitat yang dapat menyediakan tempat tinggal dan sumber makanan bagi berbagai bentuk kehidupan, termasuk satwa liar seperti beruang madu. Dengan demikian, hutan berperan sebagai habitat yang sangat penting bagi beruang madu, menyediakan semua elemen dasar yang dibutuhkan untuk kelangsungan hidup dan keberhasilan reproduksi mereka. Kehadiran beruang madu juga membantu menjaga keseimbangan ekosistem dengan berkontribusi pada fungsi-fungsi ekologis tertentu di dalamnya.

2.2 Beruang madu (*helarctos malayanus*)

Secara etimologis *Helarctos* berasal dari bahasa Yunani yaitu “hela” yang berarti matahari dan “arcto” yang berarti beruang sehingga *Helarctos* berarti sun bear (Beruang matahari) penyebutan sun bear berdasarkan adanya corak putih pada bagian dada yang terlihat seperti matahari (Horsfield et al. 2002).

Menurut Horsfield et al. (2002) klasifikasi beruang madu adalah sebagai berikut:

Filum : Chordata
Subfilum : Vertebrata
Class : Mammalia
Ordo : Carnivora
Famili : Ursidae
Genus : *Helarctos*
Spesies : *Helarctos malayanus* (Raffles, 1821).

Menurut Fahriza (2005), famili beruang atau Ursidae terdiri dari delapan spesies yang berbeda, yaitu panda raksasa (*Ailuropada*), beruang kacamata (*Treematos ornatus*), beruang coklat (*Ursus arctos*), beruang hitam asia (*U. thibetanus*), 8 beruang hitam amerika (*U. americanus*), beruang 'sloth' (*U. ursinus*), beruang madu (*H. malayanus*), dan beruang kutub (*U. maritimus*). Beruang madu adalah beruang yang ukurannya paling kecil diantara beruang yang lain di dunia (Wong dkk. 2002).

Diantara famili Ursidae lainnya, beruang madu memiliki ukuran tubuh yang paling kecil. Tinggi satwa ini hanya mencapai 70 cm pada bahunya, dan sekitar 100 cm sampai 140 cm jika dihitung dari kepala hingga kaki. Beruang madu memiliki panjang ekor 3-7 cm. Berat tubuhnya berkisar antara 27-65 kg dengan berat rata-rata mencapai 46 kg. Umumnya beruang madu jantan memiliki berat tubuh 10-20% lebih berat dari pada beruang betina (Pappas et al. 2002).

Menurut Lekagul and Jeffrey (1977), beruang madu memiliki tubuh seluruhnya berwarna hitam kecuali mulut dan bagian atas dada yang berwarna putih kecoklatan yang melebar hingga kebagian mata. Mata dan telinganya kecil. Di bagian kepala dan belakang telinga terdapat bulu-bulu yang berbentuk seperti lingkaran. Ciri khas beruang madu yang terlihat yaitu adanya bercak putih atau kuning berbentuk huruf U di bagian atas dada. Bercak dada biasanya mencolok, tetapi kadang sangat samar. Beruang madu memiliki ekor yang pendek, telapak kaki lebar, kuku yang panjang dan bengkok.

Saat lahir berat beruang madu sebesar 300-325g (Dathe 1970), warna tubuhnya berwarna hitam keabuan, bagian dada berwarna putih kecoklatan (Feng and Wang 1991), sedangkan menurut Fetherstonhaugh (1984) bayi beruang madu tersebut berwarna kecokelatan dan berwarna terang saat terkena sinar matahari. 10 Rambut beruang madu dewasa berwarna hitam pekat dan memiliki lapisan rambut berwarna terang di bawahnya sedangkan pada bagian mulutnya berwarna oranye, abu-abu dan keperakan (Horsfield et al. 2002).

2.3 Bioekologi Beruang madu (*Helarctos malayanus*)

Onuma et al. (2001) menyatakan bahwa beruang madu memiliki musim kawin yang terjadi pada musim hujan. Hal tersebut berhubungan dengan persediaan makanan yang melimpah pada musim hujan. Selain keuntungan dari aspek makanan, strategi tersebut juga berkaitan dengan fungsi organ gonadal. Pada musim kering dengan temperatur yang tinggi akan berpengaruh terhadap kualitas sperma dan konsentrasi testoteron yang rendah pada beruang madu jantan, sedangkan pada betina, temperatur yang panas akan menyebabkan penurunan tingkat gonadotropin dan pertumbuhan follikular, tingginya presentase sel telur yang abnormal dan kematian embrio.

Beruang madu mengalami matang kelamin pada usia 2-3 tahun (Feng and Wang 1991) dan pada beruang madu betina mengalami periode atau waktu beruang betina siap menerima pejantan untuk melakukan perkawinan (estrus) pertama kali pada tahun-tahun tersebut (Dominico 1988). Perilaku estrus pada betina dapat terjadi pada 1-2 hari terakhir setelah menstruasi namun dapat memiliki kisaran antara 5-7 hari (Johnston dkk, 1944). Beruang madu tidak mempunyai musim kawin tetapi perkawinan dilakukan sewaktu-waktu terutama bila beruang madu betina telah siap kawin. Lama mengandung beruang betina adalah 95-96 hari, anak yang dilahirkan biasanya berjumlah dua ekor dan disusui selama 18 bulan (Anni Puji Astutik 2005).

Beruang madu hidup di hutan-hutan primer, hutan sekunder dan sering juga di lahan-lahan pertanian. Habitat beruang madu adalah hutan hujan tropis dataran rendah, hutan dipterocapaceae dan hutan pegunungan rendah. Beruang madu dapat ditemukan pada ketinggian 0-2000 m dpl. Mereka biasanya berada di pohon pada

ketinggian 2-7 meter dari tanah dan suka mematahkan cabang-cabang pohon atau membuatnya melengkung untuk membuat sarang (Eko, 2020). Umumnya beruang madu membuat sarang lebih dekat dengan batang pohon. Beruang yang hidup di negara tropis ini tidak memerlukan masa hibernasi seperti beruang lain yang tinggal di wilayah empat musim (Scotson et al. 2017)

Beruang madu adalah binatang omnivora yang memakan apa saja di hutan. Mereka memakan aneka buah-buahan dan tanaman hutan hujan tropis, termasuk juga tunas tanaman jenis palem. Mereka juga memakan serangga, madu, burung, dan binatang kecil lainnya. Apabila beruang madu memakan buah, biji ditelan utuh, sehingga tidak rusak, setelah buang air besar, biji yang ada di dalam kotoran mulai tumbuh sehingga beruang madu mempunyai peran yang sangat penting sebagai penyebar tumbuhan buah berbiji besar seperti cempedak, durian, lahung, kerantungan dan banyak jenis lain (Eko, 2020).

Beruang Madu mempunyai penciuman yang sangat tajam sehingga dapat cium bekas injakan satwa lain maupun manusia. Penglihatan diduga biasa saja sedangkan pendengarannya cukup peka. Kebijakan untuk melindungi beruang madu di Indonesia diterbitkan melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 106 tahun 2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa yang Dilindungi, mengelompokkan beruang madu ke dalam satwa yang dilindungi (Robinson, 2020).

2.4 Sebaran Beruang Madu (*helarctos malayanus*)

Tidak banyak catatan mengenai persebaran jenis ini, baik secara historis maupun saat ini. Namun demikian jenis ini telah dilihat diseluruh Asia Tenggara dari ujung timur Hindia dan bagian utara Birma sampai ke Laos, Kamboja, Vietnam dan Thailand sampai ke selatan di Malaysia, dan Pulau Sumatera dan Borneo. Ada catatan historis yang menunjukkan bahwa beruang madu dulu terdapat di Tibet, Bangladesh, dan beberapa wilayah di Hindia dan Cina dan di Pulau Jawa. Namun demikian, persebaran beruang madu telah sangat mengecil sejak jaman dulu dikarenakan kehilangan habitat dan perburuan. Beruang madu telah dianggap punah di Tibet, kemungkinan punah di Hindia bagian timur (namun perlu dipastikan) dan Bangladesh. Kemungkinan besar bahwa di Cina bagian selatan sisa populasi tinggal sedikit ataupun sudah punah (Indra, 2001). Di Indonesia sendiri,

persebaran Beruang Madu ditemukan di pulau Kalimantan dan Sumatera. Beruang Madu merupakan hewan yang hidup secara soliter dan jarang ditemukan berkelompok. Seiring dengan berjalannya waktu, populasi dari Beruang Madu kian menurun dikarenakan rusaknya habitat dan perburuan liar. (Suryani et al. 2021).

2.5 Maximum Entropy (MaxEnt)

Ketersediaan data mengenai variabel lingkungan yang berpengaruh terhadap keberadaan spesies serta adanya perkembangan teknologi yang dapat mendukung dalam pengolahan data tersebut, telah memicu pengembangan Pemodelan predictive berdasarkan faktor lingkungan dan keberadaan spesies secara geografis. Untuk beberapa spesies yang memiliki data dan informasi mengenai keberadaannya serta ke tidak beradaanya (presence dan absence), memungkinkan untuk menggunakan berbagai teknik statistik dalam Pemodelan prediksi nya. Namun tidak semua spesies memiliki data dan informasi yang lengkap mengenai presence maupun absence nya, sehingga diperlukan metode Pemodelan tertentu untuk dapat memprediksi kehadiran spesies tersebut secara geografis (Phillips et al. 2006).

Maximum Entropy (MaxEnt) adalah salah satu metode yang dapat memprediksi distribusi spesies secara geografis hanya dengan menggunakan data kehadiran spesies dan variabel lingkungan yang diduga berpengaruh terhadap kehadiran suatu spesies. *MaxEnt* adalah suatu aplikasi dengan formulasi matematika sederhana dan tepat serta memiliki sejumlah aspek sehingga dapat memodelkan distribusi spesies secara geografis. Dalam memperkirakan probabilitas distribusi spesies pada suatu daerah studi, *MaxEnt* menggunakan informasi kondisi lingkungan di mana suatu spesies teramati tetapi harus menghindari adanya asumsi apapun yang tidak didukung oleh data. Dengan demikian, penggunaan *MaxEnt* untuk memprediksi distribusi spesies harus tunduk pada batasan yang dikenakan oleh informasi yang tersedia mengenai distribusi spesies yang diamati dan kondisi lingkungan di wilayah studi. Metode *MaxEnt* tidak memerlukan data absen dalam memodelkan sebaran spesies melainkan menggunakan data lingkungan sebagai latar belakang untuk seluruh wilayah studi (Phillips et al. 2006).

Adapun kelebihan dalam penggunaan aplikasi *MaxEnt* dalam memodelkan distribusi spesies secara geografis diantara yaitu:

1. Aplikasi ini hanya membutuhkan data kehadiran suatu spesies dan data variabel lingkungan yang mencakup wilayah studi.
2. Dapat memanfaatkan data lingkungan yang bersifat kontinu dan kategoris serta dapat menggabungkan interaksi antara variabel yang berbeda.
3. Memiliki algoritma deterministic yang cukup efisien dalam memprediksi probabilitas distribusi.
4. *MaxEnt* memiliki perhitungan secara matematika yang sederhana dalam memodelkan probabilitas distribusi sehingga mudah untuk di analisis. Dengan tidak adanya interaksi antara variabel, aditivitas model memungkinkan untuk menafsirkan bagaimana masing-masing variabel lingkungan berhubungan dengan daerah yang sesuai bagi spesies (Phillips dkk., 2004).
5. Output yang dihasilkan berbeda untuk daerah yang berbeda. Jika aplikasi ini digunakan dalam perencanaan konservasi, perbedaan lingkungan dalam memprediksi distribusi suatu spesies sangat berguna dalam pengelolaan habitat.
6. Maxent juga bisa diterapkan pada spesies yang memiliki data presence dan absence.
7. *MaxEnt* adalah pendekatan generatif, bukan diskriminatif, yang dapat menjadi keuntungan terhadap data yang terbatas.

Adapun kelemahan dari *MaxEnt* yaitu;

1. Metode ini tidak dapat digunakan untuk ekstrapolasi, hanya dapat memprediksi pada daerah yang dipilih sebagai wilayah studi.
2. Bagaimanapun metode dengan menggunakan presence dan absence lebih baik dibandingkan dengan menggunakan kehadiran saja, akan tetapi jika hanya memiliki data kehadiran saja, metode maxent lebih baik digunakan.
3. *MaxEnt* rentan terhadap overfitting, sehingga distribusi yang diprediksi hanya berada di sekitar titik keberadaan. Oleh karena itu, komponen relaksasi, disebut regularisasi, telah ditambahkan ke *MaxEnt* untuk membatasi distribusi yang diperkirakan sehingga

memungkinkan nilai rata-rata dari setiap variabel sampel untuk perkiraan tidak sama. Komponen regularisasi ini dapat disesuaikan untuk setiap area sampling.

4. Aplikasi *MaxEnt* belum memiliki tujuan khusus dalam statistiknya, hanya statistik sederhana untuk memprediksi kehadiran spesies berdasarkan variabel lingkungan (Phillips et al. 2006).

Teknik *MaxEnt* dalam memprediksi kehadiran spesies yaitu dengan menggunakan kehadiran spesies dan variabel lingkungan sebagai situasi kehadirannya berbasis piksel. Piksel yang memiliki kehadiran spesies dan variabel lingkungannya akan bernilai maksimum 1, sedangkan piksel yang tidak memiliki data kehadiran spesies akan bernilai 0, dan piksel tersebut akan dianggap merupakan tempat absen selama pemodelan. Berdasarkan sampel piksel latar belakang dan piksel kehadiran spesies, *MaxEnt* akan melakukan analisis regresi logistik dengan menggunakan sampel piksel tersebut untuk memodelkan prediksi distribusi spesies secara spasial (Phillips et al. 2006).

2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)

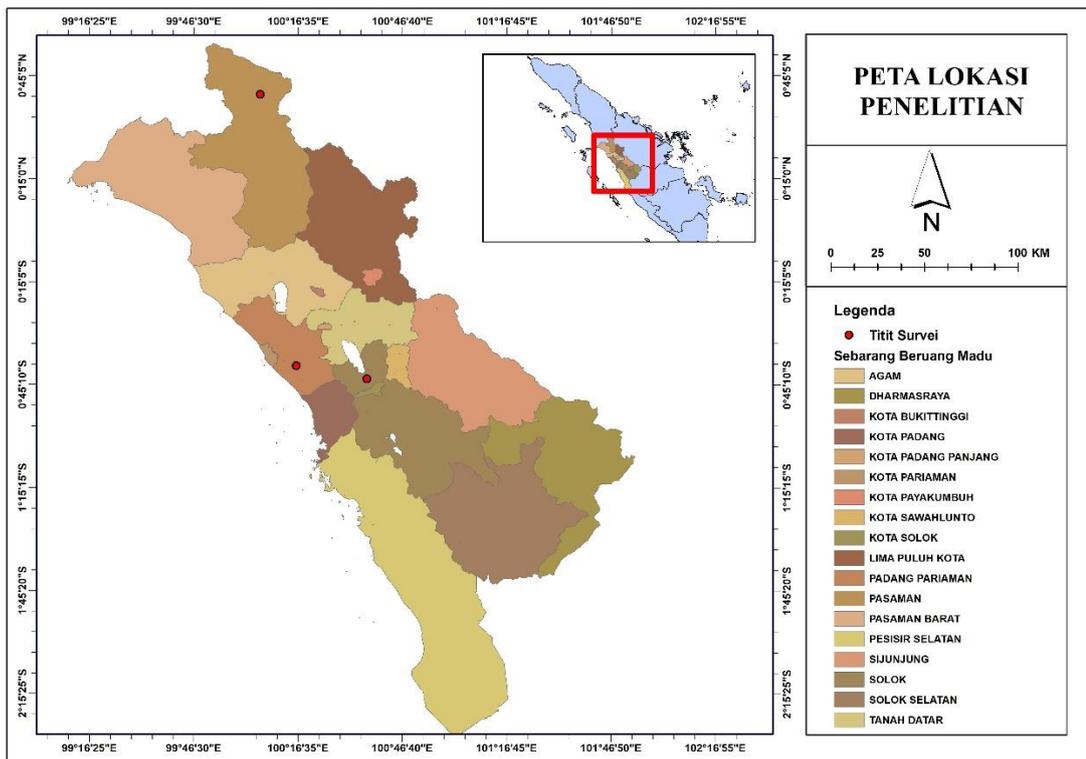
Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu bagian keilmuan yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data-data yang berisi informasi geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama sebagai satu kesatuan untuk memperoleh, menyimpan, mengelola, memperbaiki, memanipulasi, memperbaharui, menampilkan, menganalisa, dan mengintegrasikan data dalam suatu sistem informasi secara geografis (Puntodewo et al. 2003).

SIG saat ini merupakan salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam penelitian ekosistem dan salah satunya adalah penelitian tentang kesesuaian habitat. Hal ini berkaitan dengan efisiensi dan kemampuan dalam mengolah dan menyimpan data dengan jumlah yang besar pada cakupan wilayah ekosistem yang cukup luas (Young et al. 1993). SIG sudah memberikan kontribusi yang penting untuk kegiatan konservasi biodiversitas meliputi pengukuran rata-rata deforestasi, penggambaran habitat yang terfragmentasi, degradasi habitat, dan perlindungan kawasan konservasi dari penggunaan lahan oleh manusia (Southworth and Stickler 2008).

BAB III METODOLOG PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Lokasi penelitian berada di beberapa daerah di Sumatera Barat diantaranya yaitu, solok dan pasaman, di samping itu data yang digunakan di dalam penelitian ini merupakan data sebaran Beruang Madu yang di dapat kan dari Yayasan Sintas Indonesia Sumatera Barat dalam rentang waktu tahun 2019 hingga 2022. Data diambil di seluruh habitat Beruang Madu yang tersebar di petak hutan di Provinsi Sumatera Barat. Peta penelitian dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini, berikut adalah peta lokasi penelitian:



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Provinsi Sumatera Barat berbatasan dengan Provinsi Sumatera Utara di sisi Utara, Provinsi Riau di Timur, Provinsi Bengkulu dan Jambi di Selatan, dan Samudera Indonesia di sisi Barat. Provinsi ini berada pada ketinggian 0 (pantai barat) hingga 3.805 mdpl (Gunung Kerinci), termasuk daerah beriklim tropis basah, dengan curah hujan 3.000 – 7.929 mm setiap tahun (Bappenas Sumatera Barat, 1994). Tipe vegetasi dominan yaitu hutan seluas $\pm 2.380.057$ ha yang terdiri dari Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam (KSA/KPA, 806.939 ha), Hutan Lindung (HL, 791.671 ha), Hutan Produksi Terbatas (HPT, 233.211 ha), Hutan Produksi Tetap (HP, 360.608 ha), Hutan Produksi yang dapat dikonversi (HPK, 187.629 ha), dan Areal Penggunaan Lain (APL, 1.849.672 ha) (SK.35/Menhut-II/2014 tentang Kawasan Hutan Provinsi Sumatera Barat).

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu GPS, ArcGIS 10.4, Maximum Entropy, Microsoft Excel 2013, peta lokasi, alat tulis, dan laptop.

Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa data kordinat kehadiran beruang madu dari survei okupansi Yang dilakukan oleh Yayasan Sintas Indonesia. Dan data variable lingkungan untuk lebih rincinya dapat dilihat pada Tabel 1 bagian penyusunan variable lingkungan.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini memodelkan Prediksi Kesesuaian Habitat Beruang Madu menggunakan perangkat lunak *MaxEnt* (ver. 3.3.3k) untuk mengetahui faktor-faktor penyebab dan memprediksi bagaimana kesesuaian habitat wilayah Beruang madu dengan memakai data keberadaan Beruang madu. *MaxEnt* merupakan perangkat Pemodelan yang menggunakan dua set data, yaitu data kehadiran spesies dan variabel lingkungan yang diduga mempengaruhi intensitas habitat spesies tersebut. Model yang menggunakan nilai-nilai baku dari *MaxEnt* akan memberikan perkiraan yang tepat terhadap probabilitas kehadiran spesies (Elith et al. 2006). Data keberadaan titik Beruang madu diperoleh dari Yayasan Sintas Indonesia. Data faktor lingkungan diperoleh dari data sekunder.

MaxEnt memberikan dua output terkait variabel lingkungan yang dianggap penting dan memberikan kontribusi terhadap model prediksi yang dihasilkan yaitu pertama variabel lingkungan berdasarkan pada peringkat kontribusinya terhadap

model prediksi. Kedua, variabel lingkungan yang dianggap penting berdasarkan pada hasil uji Jackknife. Hasil uji Jackknife pada *MaxEnt* di bagi tiga bagian yaitu, training gain, test gain, dan Area Under Curve (AUC). Ketiga bagian uji Jackknife ini menunjukkan variabel lingkungan yang berpengaruh, baik secara individual maupun tanpa variabel. Bedanya pada uji training gain di lakukan pada training data yang digunakan untuk membangun model prediksi, uji test gain dilakukan pada data yang digunakan untuk menguji model prediksi, dan pada uji AUC dilakukan terhadap kinerja model yang digunakan dalam mengevaluasi model prediksi (Rusman, 2016)

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Penyusunan Data Kehadiran Beruang Madu

Data koordinat sebaran Beruang madu yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 466 temuan yang di peroleh dari tahun 2019 sampai dengan tahun 2020. Data tersebut kemudian di tampilkan dalam format comma delimited (csv) dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel tahun 2013. Koordinat keberadaan beruang madu menggunakan sistem geografis untuk kepentingan keamanan dan perlindungan terhadap satwa liar beruang madu di Sumatera Barat, data sebaran beruang madu tidak disertakan dalam tulisan ini.

3.4.2 Penyusunan Variabel Lingkungan

Faktor lingkungan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang terdiri dari 9 variabel yang diperoleh dari, Digital Elevation Model (DEM), Yayasan Sintas Indonesia, Global Forest watch, Indonesia Spasial Portal, KLHK dan 10 variable WorldClim (lampiran 1). Ke-9 variabel tersebut, Tutupan Lahan, Iklim, Elevasi, Indeks Vegetasi, jarak ke sungai, jarak ke jalan, jarak ke perkebunan, kemiringan, dan suhu rata-rata. Uji korelasi Pearson dilakukan untuk melihat korelasi di antara ke-9 variabel lingkungan dan 10 Variable Bioclimate tersebut. Pasangan variabel yang berkorelasi akan dipilih salah satu jika nilai koefisien korelasi nya > 0.50 (McCarthy et al. 2015). Untuk memastikan data variabel lingkungan memiliki ukuran pixel dan rentang spasial (spatial extent) yang Sama maka dilakukan proses cuplik ulang dengan menggunakan ekstensi Resample. Seluruh prosedur penyiapan data spasial dilakukan dengan

menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.3 (ESRI, Redlands). Untuk lebih rincinya bisa di lihat pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Jenis dan metode pengambilan Data yang di kumpulkan

NO	Tujuan	Jenis Perubahan	Metode Pengambilan data	Analisis Data
1.	Memprediksi peta distribusi habitat dan variable lingkungan yang mempengaruhi keberadaan beruang madu (<i>helarctos malayanus</i>) di Sumatera Barat	<ul style="list-style-type: none"> • Variable lingkungan: • Titik perjumpaan beruang madu di Sumatra Barat • Temperatur • Curah hujan • Jarak dari sungai • Jarak dari jalan • Jarak dari pemukiman • Kemiringan • Ketinggian • Indeks vegetasi • Penggunaan Lahan • 10 variable bio clime 	<ul style="list-style-type: none"> • Data temuan beruang madu dari survei okupansi • Peta Aster <i>Global Digital Elevation Model</i> (DEM) • <i>Euclidean Distance Tool</i> • Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) • Data informasi • Dari Yayasan Sintas Indonesia berupa titik koordinat temuan beruang madu • KLHK (berupa peta penggunaan lahan) • Global Forest Watch 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Analisis maximum Entropy Species Distribution Modeling</i> (MaxEnt)

3.5 Analisis Data

3.5.1 Pemodelan Distribusi Habitat Beruang Madu di Sumatera Barat.

Software *MaxEnt* (Maximum Entropy) akan di jalankan dengan pemrograman Java. Menurut Baldwin (2009) Pemodelan menggunakan *maxEnt* dapat mengidentifikasi sebaran dan pemilihan habitat oleh satwa liar dengan mempertimbangkan hubungan lokasi keberadaan dengan variable lingkungan. Ketika melakukan Pemodelan *MaxEnt* perlu di inputkan data koordinat in situ

(*sample*) dari jejak beruang madu, serta variable lingkungan (*environmental layer*) yang mendukung keberadaan habitat beruang madu. Variable lingkungan akan di sesuaikan antara kontinyu dan categorical pada bagian pemilihan jenis data variable lingkungan. Penelitian akan melakukan prinsip probabilitas sesuai (Elith et al. 2006) model yang menggunakan nilai – nilai baku dari *MaxEnt* akan memberikan perkiraan yang tepat terhadap probabilitas kehadiran spesies.

Pengaturan (*setting*) pada *maxEnt* akan di sesuaikan *bootstrap* dengan pembagian data testing sebesar 25% (*random tes percentage*) dari keseluruhan data training yang ada, 10 kali ulangan, pengali regulasi dengan nilai 1, dan 5.000 iterasi , serta menyimpan pengaturan lainnya pada opsi standar. Setelah diatur, lalu akan ditekan “*run*” untuk memproses Pemodelan pada *maxEnt*. Hasil akhir dari *MaxEnt* dirangkum dalam sebuah file HTML. Informasi ini dibuat *MaxEnt* berdasarkan nilai AUC yang mewakili kinerja model serta variabel lingkungan yang berkontribusi dalam pembuatan model (Araujo dan Guisan, 2006). Hubungan antara probabilitas prediksi kesesuaian habitat Beruang madu dengan variabel lingkungan dijelaskan melalui kurva respon yang dihasilkan oleh *MaxEnt*. Hubungan positif ditunjukkan apabila nilai probabilitas prediksi kesesuaian habitat Beruang madu semakin tinggi dengan semakin tingginya nilai variabel dan sebagainya.

Tabel 2. Berikut adalah klasifikasi ukuran kinerja model berdasarkan nilai Area Under Curve.

Nilai AUC	Kinerja Model
0,9 – 1,0	Sangat Bagus
0,8 – 0,9	Bagus
0,7 – 0,8	Sedang
0,6 – 0,7	Kurang Bagus

3.5.2 Analisis Variable Kontribusi

Variable lingkungan akan dimasukan ke bagian “*environmental layer*” sebagai parameter yang digunakan untuk Pemodelan kesesuaian habitat beruang madu. Variable lingkungan akan didefinisikan sebagai faktor lingkungan yang mempengaruhi keberadaan beruang madu berdasarkan hasil Pemodelan yang

dilakukan. Untuk mengetahui pengaruhnya, dilakukan analisis variable kontribusi dapat memberikan perkiraan kontribusi relatif dari variable lingkungan terhadap hasil Pemodelan. Menganalisis kontribusi variable lingkungan berdasarkan tingkat kontribusinya dalam persen dan hasil uji *jackknife* terhadap prediksi dapat meninjau Pemodelan distribusi spasial. Grafik *Jackknife* menunjukkan bahwa dengan menghilangkan variable yang berkontribusi tinggi terhadap Pemodelan, maka nilai AUC dapat berkurang.

3.5.3 Analisis Respon Kurva

Pengaruh faktor lingkungan akan dianalisis lebih lanjut dengan Analisis Respon Kurva. Analisis ini berdasarkan pada pengaruh yang diberikan oleh setiap faktor lingkungan yang dipakai dalam Pemodelan. Menurut Diah (2022) respon kurva dalam hasil Pemodelan dapat menunjukkan klasifikasi variable di setiap faktor lingkungan yang mendukung habitat beruang madu. Hasil analisis dapat diketahui secara spesifik pada rentan/skala berapa variable lingkungan yang sesuai dengan habitat beruang madu.

3.6 Klasifikasi Tipe Habitat yang Sesuai untuk Beruang Madu di Sumatra Barat.

Untuk mengetahui tipe habitat beruang Madu, hasil Pemodelan dalam format ASCII akan dikonversi menjadi raster dengan menggunakan ekstensi *ASCII to Raster* perangkat lunak ArcGIS menjadi 4 kategori, tidak ada kesesuaian (0-0,2), kesesuaian rendah (0,2-0,4), kesesuaian sedang (0,4-0,6), dan kesesuaian tinggi (0,6-1) (Mishara et al, 2022). Hasil konversi akan dibandingkan dengan data layer tipe habitat yang didapat dari sumber Nasional. Perbandingan akan dilakukan menggunakan ArcGIS dan dianalisis sebaran beruang madu berdasarkan tipe habitat yang ada.

BAB IV

DESKRIPSI LOKASI PENELITIAN

4.1 Gambaran Umum Provinsi Sumatera Barat

4.1.1 Sejarah Provinsi Sumatera Barat

Pada awal kemerdekaan Indonesia pada tahun 1945, wilayah Sumatera Barat tergabung dalam provinsi Sumatera yang berpusat di Bukittinggi. Selang beberapa tahun kemudian Provinsi Sumatera di pecah menjadi tiga provinsi, yaitu provinsi Sumatera Utara, Provinsi Sumatera Selatan dan Provinsi Sumatera Tengah. Sumatera Barat, Riau, dan Jambi merupakan bagian dari keresidenan dalam provinsi Sumatera Tengah.

Berdasarkan Undang-Undang Darurat Nomor 19 tahun 1957, provinsi Sumatera Tengah di pecah menjadi tiga provinsi yaitu Provinsi Sumatera Barat, Provinsi Riau dan Provinsi Jambi. Wilayah kerinci yang sebelumnya tergabung dalam Kabupaten Pesisir Selatan Kerinci digabungkan dengan provinsi Jambi sebagai kabupaten sendiri. Begitu pula dengan Kampar, Rokan Hulu, dan Kuantan Singingi ditetapkan masuk ke dalam provinsi Riau. Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Sumatera Barat No.1/g/PD/1958, tanggal 29 Mei 1958 ibu kota provinsi Sumatera Barat dipindahkan ke Padang.

4.1.2 Kondisi Geografis Provinsi Sumatera Barat

Sumatera Barat terletak di pesisir barat bagian tengah pulau Sumatera yang terdiri dari dataran rendah di pantai dan dataran tinggi vulkanik yang dibentuk oleh Bukit Barisan. Terdapat 29 gunung yang tersebar di 7 kabupaten dan kota di Sumatera Barat, dengan Gunung Kerinci di kabupaten Solok Selatandan provinsi Jambi sebagai gunung tertinggi, yang mencapai ketinggian 3.085 m. Selain Gunung Kerinci, Sumatera Barat juga memiliki gunung aktif lainnya, seperti Gunung Marapi, Gunung Tandikat, dan Gunung Talang. Selain gunung, Sumatera Barat juga memiliki banyak danau. Danau terluas adalah Singkarak di kabupaten Solok dan kabupaten Tanah Datar, disusul Danau Maninjau di kabupaten Agam. Dengan luas mencapai 130,1 km², Singkarak juga menjadi danau terluas kedua di Sumatera dan kesebelas di Indonesia. Danau lainnya terdapat di kabupaten Solok yaitu Danau Talang dan Danau Kembar (julukan dari Danau Di atas dan Danau Dibawah).

Seperti daerah lainnya di Indonesia, iklim Sumatera Barat secara umum bersifat tropis dengan suhu udara yaitu antara 22.6 °C sampai 31.5 °C. Provinsi Sumatera Barat juga dilalui oleh Garis khatulistiwa, tepatnya di Bonjol, Pasaman. Di provinsi ini berhulu sejumlah sungai besar yang bermuara ke pantai timur Sumatera seperti Batang Hari, Siak, Inderagiri (disebut sebagai Batang Kuantan di bagian hulunya), dan Kampar. Sementara sungai-sungai yang bermuara ke pesisir barat adalah Batang Anai, Batang Arau, dan Batang Tarusan.

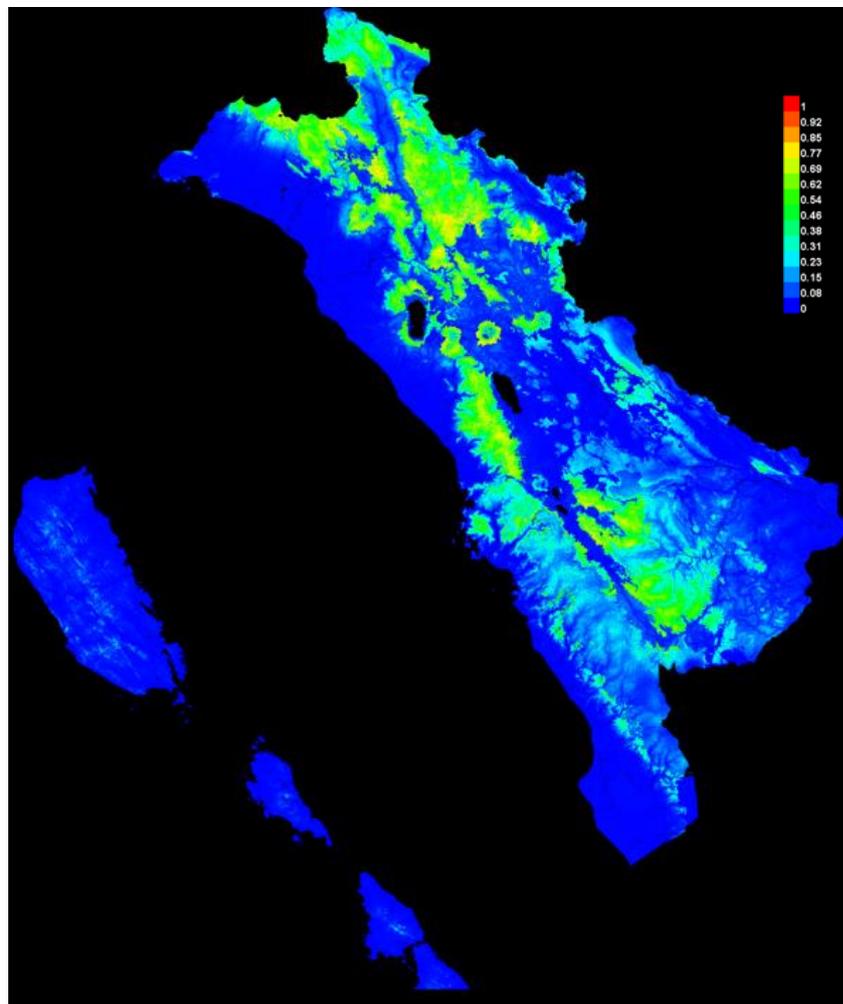
Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat 2015, provinsi Sumatera Barat memiliki luas 42.297,30 Km² yang artinya setara dengan 2.17% luas dari Indonesia. Dari luas tersebut lebih dari 40.17% merupakan kawasan yang masih ditutupi hutan lindung. Provinsi Sumatera Barat diapit oleh beberapa provinsi tetangga sebagai batasannya. Bagian Utara berbatasan langsung dengan Provinsi Sumatera Utara, bagian barat berbatasan langsung dengan Samudera Hindia, selatan berbatasan dengan provinsi Bengkulu dan sebelah timur berbatasan dengan provinsi Riau dan Jambi.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pemodelan Distribusi Habitat Beruang Madu di Sumatera Barat

5.1.1 Hasil Model *maxEnt* distribusi habitat beruang madu

Hasil model *MaxEnt* menggambarkan distribusi habitat beruang madu berdasarkan hasil survei okupansi terdapat 167 titik perjumpaan, baik secara langsung maupun tidak langsung, di lokasi penelitian, serta sepuluh variable lingkungan yang mempengaruhi keberadaannya.



*Gambar 3. Model distribusi habitat beruang madu berdasarkan hasil
maxEnt*

Gambar peta tersebut merupakan hasil dari pemodelan *MaxEnt*, yang menampilkan prediksi distribusi habitat beruang madu di Sumatera Barat. Peta ini belum diberi nilai ambang batas (threshold), yang merupakan nilai yang digunakan untuk mengubah probabilitas kontinu menjadi keputusan biner, seperti keberadaan atau ketiadaan spesies. Keputusan biner mengacu pada hasil prediksi model di mana outputnya berupa klasifikasi biner, yaitu ada dua kemungkinan hasil: "1" atau "0", "positif" atau "negatif", "hadir" atau "tidak hadir", "Sesuai" atau "tidak Sesuai" dan sebagainya. Dalam hal ini, kita perlu menerapkan ambang batas (threshold) untuk mengubah hasil probabilitas menjadi keputusan biner. Misalnya, jika probabilitas keberadaan spesies di atas ambang batas, kita bisa mengklasifikasikan lokasi tersebut sebagai lokasi yang sesuai untuk keberadaan spesies ("1"), sedangkan jika probabilitasnya di bawah ambang batas, kita bisa mengklasifikasikan nya sebagai lokasi yang tidak sesuai untuk keberadaan spesies ("0"). Dalam konteks *MaxEnt*, nilai ambang batas ini penting untuk memudahkan interpretasi peta dan memungkinkan hasil dari model *MaxEnt* ini untuk lebih mudah dipahami dan diterapkan dalam pengambilan keputusan di bidang konservasi.

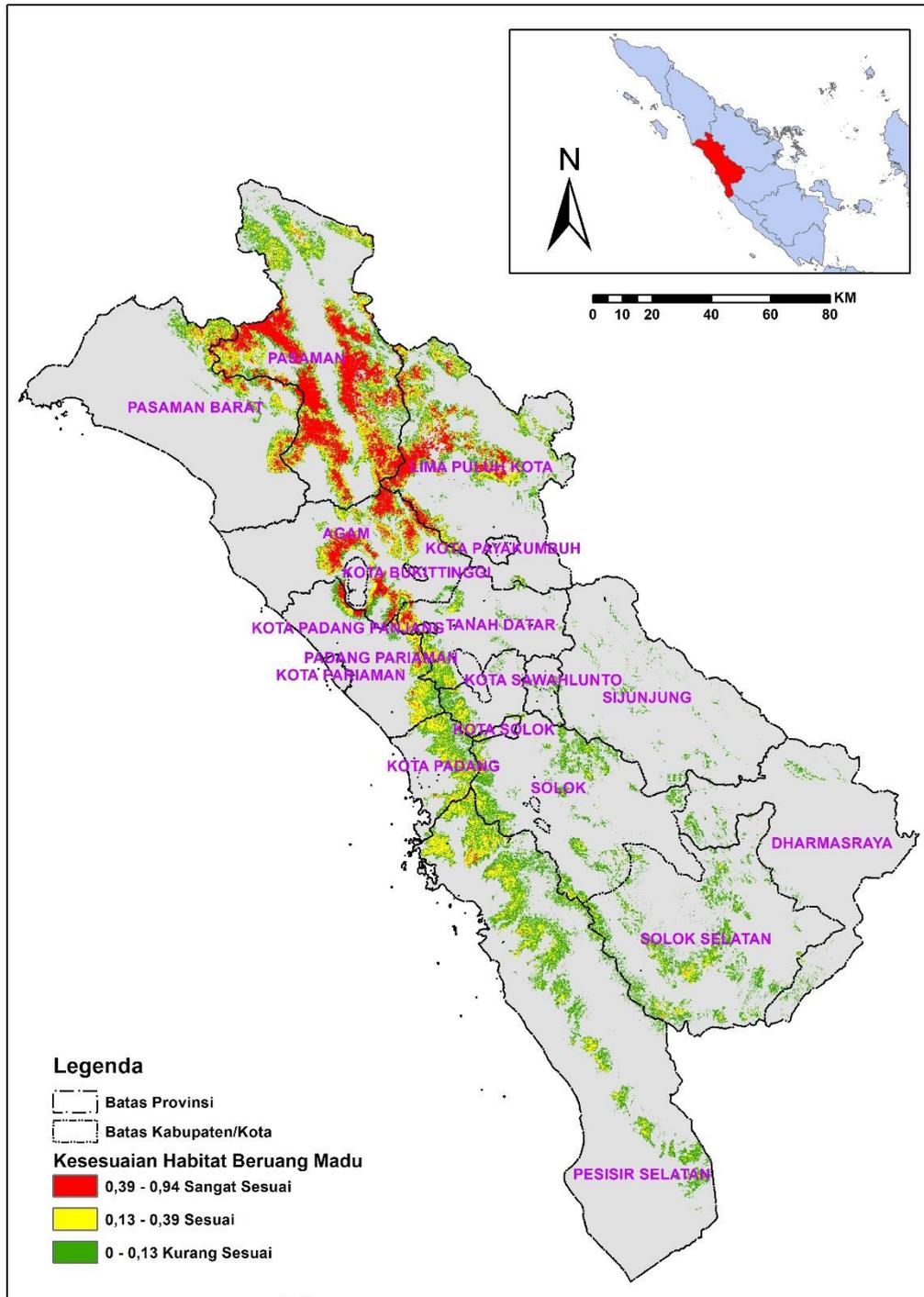
5.1.2 Hasil Analisis Model distribusi habitat beruang madu

Hasil analisis model prediksi kesesuaian habitat dari hasil *MaxEnt* ini sudah diberikan ambang batas (threshold) sehingga dapat dibedakan habitat yang kurang sesuai, sesuai dan sangat sesuai bagi keberadaan beruang madu di Sumatera barat. Ambang batas (Threshold) yang digunakan dalam menentukan habitat yang kurang sesuai, sesuai dan sangat sesuai adalah ambang batas yang ditetapkan oleh *MaxEnt* (10 percentile training presence logistic threshold) yaitu sebesar 0.2295.

Model prediksi kesesuaian habitat yang dihasilkan ini merupakan model yang bersifat ramalan atau prediksi karena dihasilkan dari suatu model yang sifatnya penyederhanaan terhadap kompleksitas ekosistem yang terjadi di alam. Selain itu, disebut sebagai model prediksi karena dihasilkan dari model yang tidak terlalu tepat dan akurat dalam memperoleh nilai dugaan yang mempengaruhi kesesuaian habitat beruang madu di Sumatera Barat. Namun demikian, walaupun model prediksi ini dibangun dengan model yang menggunakan asumsi atau dugaan terhadap faktor yang mempengaruhi kehadirannya, seringkali mendapatkan hasil yang sesuai dan bisa dijadikan sebagai suatu perkiraan atau pendekatan yang berguna. Salah satunya

adalah dapat digunakan untuk mempelajari respon Beruang Madu terhadap faktor lingkungan yang mempengaruhi kehadirannya di Sumatra Barat.

Pada peta distribusi habitat beruang madu di Sumatera Barat terlihat variasi warna yang mencerminkan tingkat prediksi kemungkinan habitat yang cocok untuk keberadaan spesies ini. Di dalam penelitian ini, zona warna yang telah di tentukan untuk memudahkan interpretasi data. Secara khusus, warna hijau mencerminkan habitat kurang sesuai yaitu tingkat probabilitas untuk beruang madu rendah, warna kuning menunjukkan habitat yang sesuai yaitu masih ada dengan tingkat probabilitas habitat untuk beruang madu sedang, sementara warna merah menunjukan habitat yang sangat sesuai yaitu tingkat kemungkinan probabilitas kehadiran beruang madu sangat tinggi. Gradasi warna yang terlihat pada peta menyebar sesuai dengan titik perjumpaan beruang madu di lokasi penelitian, hal ini mengindikasikan bahwa lokasi yang sangat sesuai tersebut mungkin menyediakan sumber makanan yang cukup, sejalan dengan teori Alikodra (2002) yang menekankan bahwa ketersediaan makanan merupakan faktor pembatas bagi satwa liar, sehingga ketersediaannya harus baik secara kualitas dan kuantitas. Yang mana apabila makanan tidak mencukupi, maka satwa liar kemungkinan akan bergerak pindah mencari daerah baru yang memiliki banyak makanan. Peta distribusi beruang madu di Sumatera Barat seperti yang tergambar pada Gambar 4, peta prediksi distribusi menggambarkan kondisi kesesuaian untuk kelangsungan hidup suatu spesies, sehingga sangat bagus digunakan sebagai pertimbangan dalam upaya konservasi (Jafari et al. 2018).



Gambar 4. Model Prediksi habitat Beruang Madu di Sumatera Barat

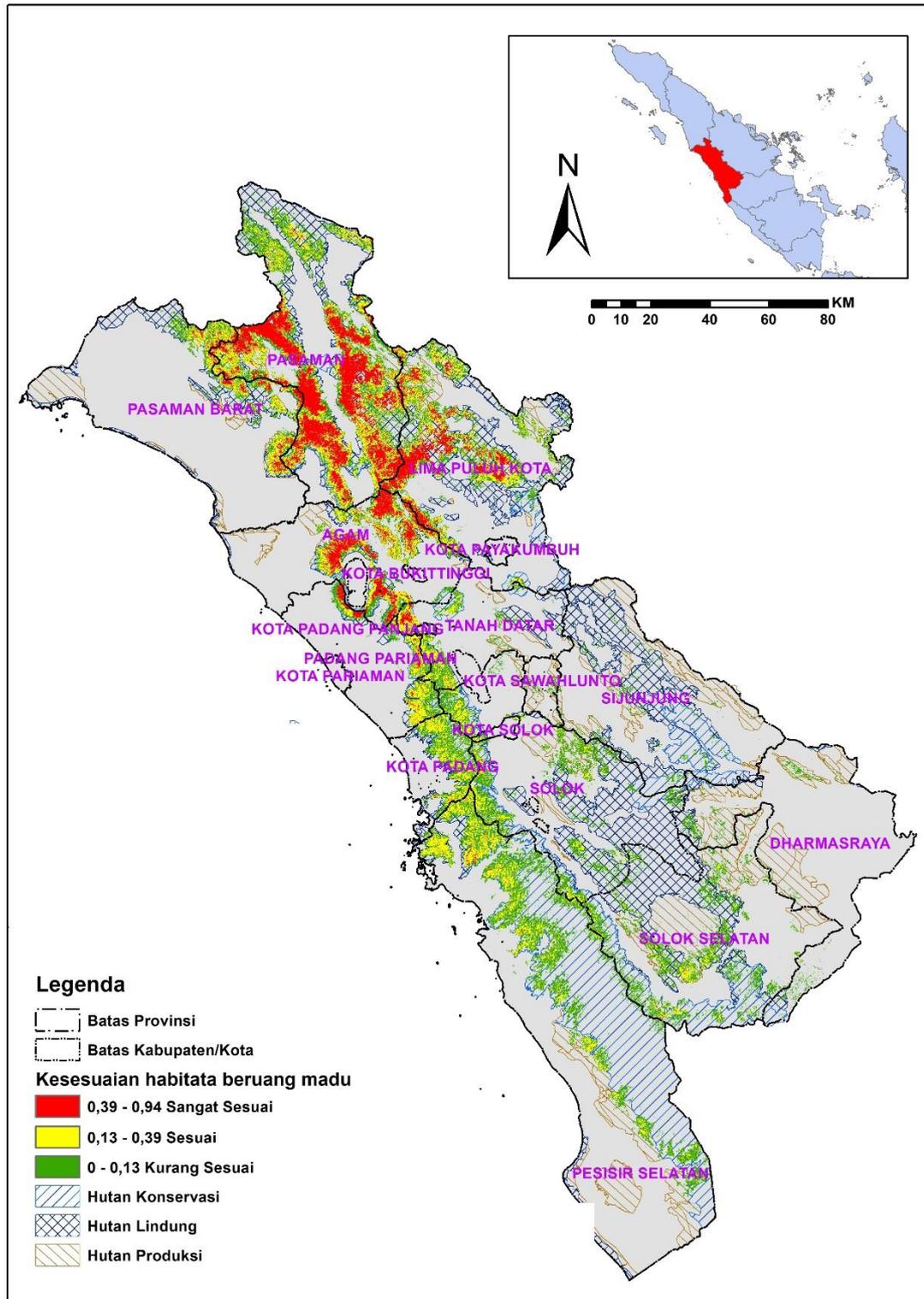
Tabel 3. Luas dan presentase habitat yang sesuai untuk beruang madu di Sumatera Barat.

Kategori	Luas (Ha)	%Luas
Kurang Sesuai	314471,97	46,23
Sesuai	223493,41	32,85
Sangat Sesuai	142305,43	20,92
Total	680270,81	100

5.1.3 Model prediksi distribusi beruang madu berdasarkan fungsi kawasan

Pemodelan yang di hasilkan dari penelitian ini mengindikasikan bahwa beruang madu cenderung memiliki kecenderungan yang lebih rendah terhadap lanskap budidaya jika dibandingkan dengan hutan lebat. Model ini juga menunjukkan bahwa beruang madu cenderung menghindari area terbuka dan jalan raya. Indikasi dari peta kesesuaian menunjukkan bahwa habitat yang dapat dihuni oleh beruang madu di Sumatera Barat mungkin tidak tersebar merata di seluruh wilayah studi. Kondisi ini dapat menimbulkan risiko serius terhadap kelangsungan hidup populasi beruang madu di daerah tersebut dalam jangka panjang. Pemahaman terhadap ketidakmerataan distribusi habitat menjadi krusial dalam mengidentifikasi dan mengatasi potensi ancaman terhadap spesies ini.

Beberapa wilayah habitat yang luas dan memiliki tingkat kesesuaian yang sangat tinggi terdapat di dalam kawasan lindungi, terutama di sekitar bagian utara Sumatera Barat. Temuan ini menunjukkan bahwa mayoritas kawasan tersebut memberikan kondisi optimal untuk mendukung kelangsungan hidup beruang madu. Kawasan lindung, khususnya di sekitar wilayah utara, menjadi fokus utama dalam upaya pelestarian dan pemulihan habitat beruang madu di Sumatera Barat. Untuk model prediksi distribusi habitat beruang madu di Sumatera barat dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Model prediksi distribusi habitat beruang madu berdasarkan fungsi kawasan

Pada diagram berikut menunjukkan persentase kontribusi variable berdasarkan pemodelan ini ditemukan bahwa terdapat dua variable yang memiliki persentase kontribusi paling tinggi, yaitu Hutan lindung (55%) dan hutan konservasi (44%) Sedangkan hutan produksi memiliki presentasi yang paling rendah yaitu (1%) berdasarkan luas suitable Kedua variable ini menjadi penentu wilayah habitat beruang madu berdasarkan Pemodelan ini.



Gambar 6. Persentase sebaran habitat beruang madu berdasarkan fungsi kawasan.

Berdasarkan hasil pemodelan tersebut, sebaran habitat beruang madu di Sumatera Barat memberikan informasi penting mengenai kawasan yang cocok untuk spesies tersebut berdasarkan karakteristik lokalnya. Hasil ini menunjukkan dua variabel memberikan kontribusi paling besar. Yakni hutan lindung dengan tingkat kontribusi sebesar 55% dan hutan konservasi dengan tingkat kontribusi sebesar 44%. Sebaliknya, hutan produksi mempunyai kontribusi paling rendah yaitu hanya 1%.

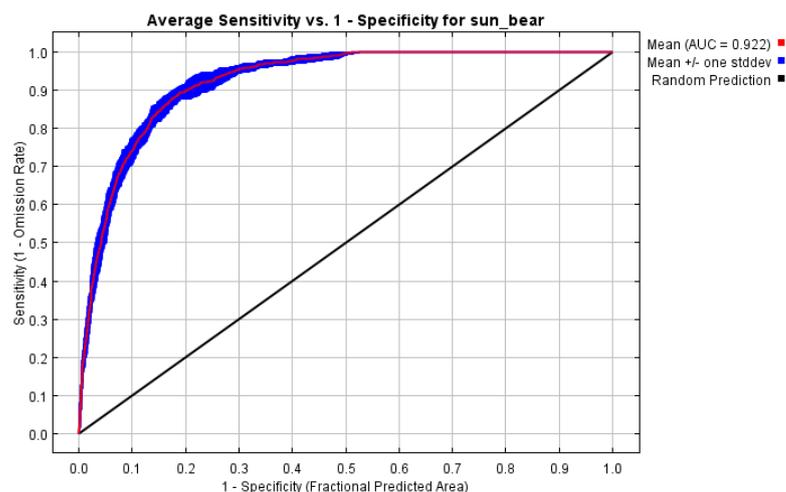
Hutan lindung, dengan variabel kontribusi tertinggi, mungkin merupakan habitat yang sangat penting bagi beruang madu di Sumatera Barat. Fungsi utama hutan lindung adalah menjaga keanekaragaman hayati dan melindungi ekosistem alam. Kondisi tersebut menyediakan berbagai macam tumbuhan dan sumber daya alam lainnya yang dapat menunjang kehidupan beruang madu, termasuk sumber makanan dan tempat berkembang biak.

Hutan konservasi juga merupakan bagian penting dari habitat beruang madu, yang mencakup 44%. Hutan konservasi mendukung lingkungan alam dan membantu menjaga keseimbangan ekologi. Kehadiran beruang madu di kawasan ini kemungkinan disebabkan oleh ketersediaan sumber daya alam yang cukup dan minimnya gangguan manusia yang dapat mengancam kelangsungan hidup beruang madu. Di sisi lain, hutan produksi dengan kontribusi terendah (1%) mungkin bukan habitat ideal bagi beruang madu. Karena hutan produksi biasanya digunakan untuk pengambilan sumber daya alam seperti kayu dan hasil hutan lainnya, lingkungan mungkin tidak sepenuhnya mendukung kehidupan beruang madu. Dalam konteks ini, dapat disimpulkan bahwa Hutan Lindung dan Area Konservasi memiliki peran utama dalam mendukung keberlangsungan hidup beruang madu di Sumatra Barat. Kedua jenis kawasan tersebut menyediakan lingkungan yang relatif terlindungi dan memadai untuk kebutuhan hidup spesies ini.

5.2 Analisis Faktor yang Berpengaruh terhadap Distribusi Habitat Beruang Madu Di Sumatra Barat

5.2.1 Keakuratan dan Kinerja Model Prediksi

Untuk mengetahui seberapa akurat atau bagusnya kinerja model dalam memprediksi distribusi habitat beruang madu di Sumatera Barat, dapat dilihat dari output *MaxEnt* yang menampilkan grafik sensitivity dan specificity. Grafik sensitivity dan specificity akan menunjukkan hasil evaluasi model.

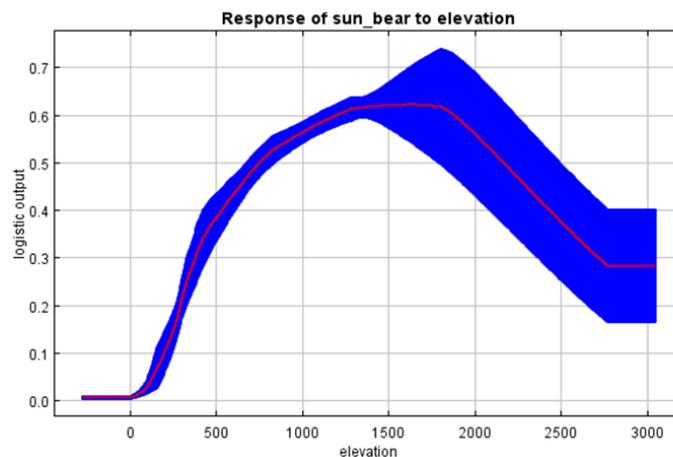


Gambar 7. Average Sensitivity Model Prediksi

Evaluasi model dalam penelitian ini menunjukkan bahwa model kesesuaian habitat beruang madu di Sumatera Barat yang dihasilkan dalam penelitian ini menunjukkan tingkat kinerja yang tinggi dengan nilai AUC sebesar 0.922 dan standar deviasi 0.004. Menurut Araujo dan Guisian (2006), nilai AUC yang lebih dari 0.9 menunjukkan tingkat keakuratan yang tinggi dalam mengukur presence dan absence. Oleh karena itu, model probabilitas kehadiran beruang madu di Sumatera Barat dalam penelitian ini dapat dianggap sangat baik. Dalam grafik tersebut, garis merah dan biru menunjukkan nilai rata – rata AUC dan standar deviasi. Semakin dekat dengan garis merah ke nilai 1 dan semakin kecil nilai standar deviasi, maka semakin baik kinerja model.

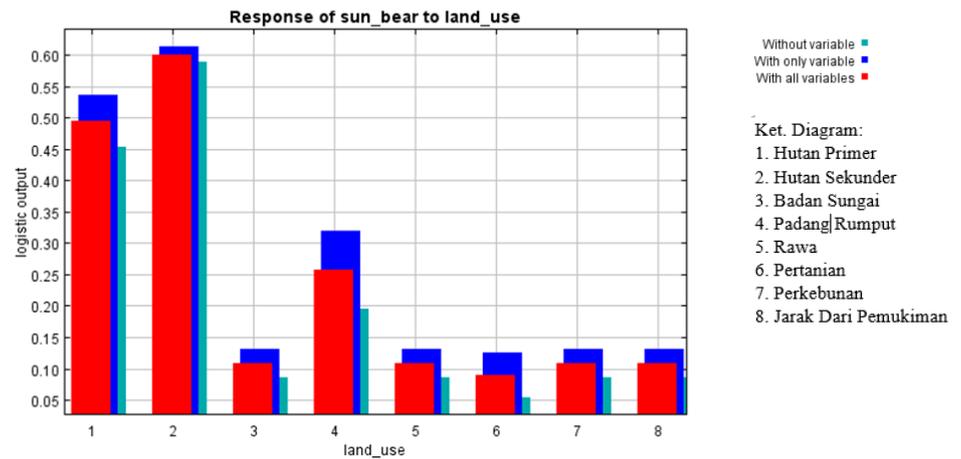
5.2.2 Probabilitas Distribusi Habitat Berdasarkan Variable Lingkungan

Kurva respons menunjukkan bagaimana setiap variable lingkungan merespons terhadap kesesuaian yang memprediksi, baik secara individual maupun dalam korelasi nya dengan variable lainnya. Berdasarkan secara keseluruhan, terdapat empat variabel yang berpengaruh sesuai dengan kurva respons yaitu, elevasi, land use, precipitation dan road distance.



Gambar 8. Kurva Respon variable lingkungan elevation (Ketinggian)

Beruang madu cenderung lebih menyukai ambang batas ketinggian yang lebih tinggi sekitar 1500 – 2000 mdpl, sesuai dengan apa yang di kemukakan oleh (Maijaard et al. 2005). Hal ini bertentangan dengan pendapat Adi Kusuma (2019) yang menyatakan bahwa beruang madu hidup di ketinggian maksimum 1500 mdpl di hutan dataran rendah, hutan perbukitan, dan hutan perbukitan atas.



Gambar 9. Kurva respons land use (penggunaan lahan)

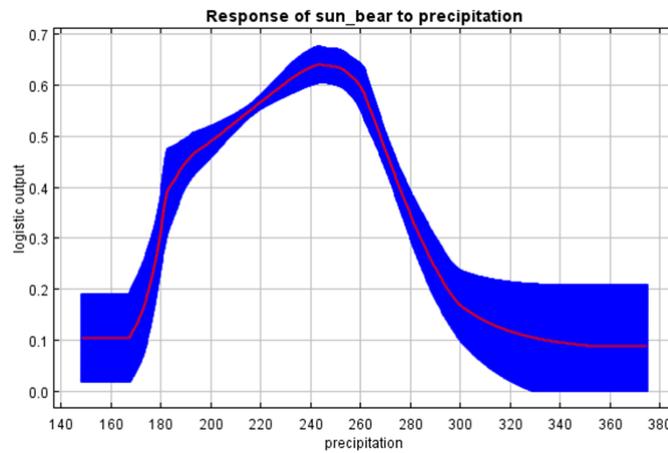
Dari diagram di atas terdapat tiga variasi warna yang menggambarkan respon diagram tersebut yaitu biru muda without variable (tanpa variable), biru tua with only variable (dengan satu variable) dan merah with all variable (dengan semua variable).

1. Biru Muda (Tanpa Variabel): Kurva ini menunjukkan respons dasar sistem tanpa mempertimbangkan efek dari variabel apa pun.
2. Biru Tua (Dengan Satu Variabel): Kurva ini menggambarkan bagaimana sistem merespons ketika hanya satu variabel yang diperhitungkan. Ini membantu kita mengerti pengaruh satu variabel terhadap sistem.
3. Merah (Dengan Semua Variabel): Kurva ini mencerminkan respons sistem ketika semua variabel diperhitungkan bersama-sama. Ini memberikan gambaran penuh tentang bagaimana semua variabel memengaruhi sistem.

Dengan melihat perubahan bentuk kurva pada diagram tersebut, kita dapat memahami dampak dari setiap variabel terhadap sistem. Peningkatan atau penurunan dalam kurva memberikan petunjuk tentang pengaruh variabel atau kombinasi variabel terhadap respons sistem.

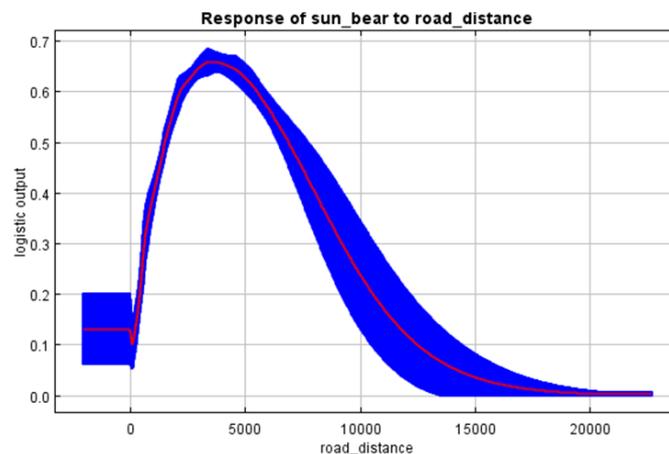
Hasil dari penjelasan di atas menunjukkan bahwasanya terdapat dua variabel yang memiliki respon tertinggi yaitu hutan primer dan hutan sekunder yang mana hal tersebut menjadi habitat yang cocok untuk beruang madu, pilihan mereka terkait habitat ini dapat di jelaskan oleh beberapa faktor, termasuk ketersediaan sumber

makanan yang beragam, tingkat perlindungan, dan kemampuan mereka dalam beradaptasi.



Gambar 10. Kurva Respon Variable lingkungan Precipitation (Curah Hujan)

Pada curah hujan hasil menunjukan bahwa habitat beruang madu berada pada curah hujan probabilitas kehadiran beruang madu terjadi pada curah hujan rata – rata sekitar 240 – 260 mm/bulan. Keterkaitan erat beruang madu dengan curah hujan dalam ekosistem tempat mereka berada membuat habitat alami mereka sering ditemukan di daerah yang hujannya cukup tinggi. Lingkungan dengan curah hujan yang melimpah menciptakan kondisi yang ideal bagi kehidupan beruang madu. Vegetasi yang subur dan beragam, yang muncul akibat curah hujan yang tinggi, menyediakan berbagai sumber makanan bagi beruang madu, seperti buah - buahan, madu, dan tanaman lainnya.



Gambar 11. Kurva Respon Variable Lingkungan Road Distance (Jarak Dari Jalan)

Probabilitas jarak habitat untuk kehadiran Beruang madu (Gambar 10) terjadi pada jarak 4 - 5 Km dari jalan. Probabilitas beruang madu semakin meningkat dengan semakin jauhnya dari gangguan berupa jalan. Jarak dari jalan dapat menjadi faktor penting dalam memahami habitat beruang madu dan dampak aktivitas manusia terhadap mereka. Beruang madu dapat terpengaruh oleh jalan-jalan yang memotong habitat mereka. Jarak dari jalan dapat mempengaruhi perilaku beruang madu, termasuk pola pergerakan mereka, tingkat stres, dan risiko terjadinya konflik dengan manusia.

5.2.3 Analisis kontribusi variabel lingkungan

Dalam menganalisis kontribusi variable lingkungan, *MaxEnt* menghasilkan informasi mengenai variable lingkungan yang dianggap signifikan dan kontribusi pada pembentukan model prediksi. Terdapat dua output dalam analisis kontribusi variable lingkungan, yakni pertama, peringkat kontribusi variable lingkungan terhadap model prediksi, dan kedua, identifikasi variable lingkungan yang dianggap penting berdasarkan uji jackknife. Hasil analisis terhadap sepuluh variable yang digunakan dalam pembuatan model prediksi beruang madu, menunjukkan bahwa kontribusi tertinggi yaitu pada variable elevasi dengan nilai 31.1%, kemudian diikuti dengan variable land use sebesar 21.4%, variable precipitation 15.5%, variable road distance 11.7%, Variable settlement, bio 7, con distance, river distance, slope, bio 18, NDVI 2019 masing – masing memiliki persen kontribusi sebesar 6.1%, 5%, 2.6%, 2.5%, 1,9%, 1.4%, 0,9%.

Hasil penelitian ini serupa dengan temuan yang diungkapkan oleh (Nazeri et al. 2012), yang mencatat bahwa beruang madu liar cenderung lebih memilih ketinggian batas yang lebih tinggi, dan kesesuaian habitatnya meningkat sejalan dengan peningkatan jarak dari jalan. Augeri (2005) menyatakan Meskipun dilaporkan bahwa beruang madu cenderung lebih memilih hutan primer, penelitian terhadap beruang spesies lain serta laporan dari Malaysia juga menunjukkan bahwa, pada situasi tertentu, beruang kadang-kadang menggunakan kebun, perkebunan, area penebangan kayu, atau kawasan marginal.

Dengan merujuk pada informasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi kehadiran beruang madu di berbagai lokasi di dunia cenderung beragam karena perbedaan dalam kondisi fisik dan biologis di setiap

tempat berbeda. Persentase kontribusi setiap variabel lingkungan yang diduga memengaruhi keberadaan beruang madu di Sumatera Barat disajikan pada Tabel 4. Tabel 4. Persen kontribusi setiap variable lingkungan terhadap model prediksi Beruang madu di Sumatra Barat.

<i>Variable</i>	<i>Percent contribution</i>
Ketinggian	31.1
Penggunaan Lahan	21.4
Curah hujan	15.5
Jarak dari jalan	11.7
Jarak dari pemukiman	6.1
Bio 7 (Kisaran Suhu tahunan)	5
Jarak Dari Area Konservasi	2.6
Jarak Dari Sungai	2.5
Kemiringan	1.9
Bio 18 (curah hujan kuartal terhangat)	1.4
NDVI 2019	0.9

Penelitian ini menghasilkan temuan bahwa ketinggian memiliki dampak signifikan terhadap keberadaan beruang madu. Hal ini terbukti ketika melakukan survei lapangan, ditemukan jejak cakaran beruang madu pada batang pohon, dimana pada saat jejak itu di temukan berada pada ketinggian lebih dari 1000 mdpl. Menurut Choudhury (2011), Beruang Madu di India dapat ditemukan hingga ketinggian 3.000 m , dan tingkat keberadaannya cenderung lebih tinggi di dataran tinggi . Hal ini mungkin disebabkan oleh semakin terdegradasi nya kondisi dataran rendah (Karanth dkk. 2009) . Di wilayah barat Thailand, Beruang Madu biasanya hidup di ketinggian di bawah 1.200 m (Vinitpornasawandkk. 2006), tetapi telah tercatat hingga 2.100 m di Myanmar, negara tetangga, dan hingga 1.600 m di Laos (Steinmetzdkk. 1999). Di Indonesia sendiri, mereka biasanya hidup di ketinggian di bawah 1.200 m, meskipun telah tercatat di Sumatra hingga ketinggian 2.140 m (Augeri 2005, Wong dan Linkie 2012). Prilaku beruang madu dapat di pengaruhi oleh beberapa faktor termasuk iklim, jenis vegetasi, dan keberlanjutan sumber makan. Beruang madu adalah hewan yang sangat fleksibel dan dapat beradaptasi dengan lingkungan. Jadi, jika ada observasi tentang beruang madu yang lebih sering

di temui di ketinggian yang lebih tinggi, hal itu mungkin terkait dengan kondisi lingkungan dan sumber makanannya di wilayah tersebut.

Variabel yang memiliki persen kontribusi terbesar kedua yaitu variabel penggunaan lahan. Hasil menunjukkan, bahwa beruang madu lebih menyukai hidup di hutan primer dan hutan sekunder. Beruang madu dapat dijumpai di hutan sekunder, meskipun preferensi mereka cenderung terhadap hutan-hutan primer yang lebih utuh. Linkie et al. (2007) Mengatakan beruang Madu nampaknya cenderung lebih memilih hutan primer yang terletak di bagian dalam, dan kepadatannya meningkat sejalan dengan meningkatnya jarak dari jalan raya dan pemukiman manusia. Kehadiran beruang madu di hutan sekunder bisa bergantung pada ketersediaan sumber daya makanan dan perlindungan yang mereka butuhkan.

Variable yang memiliki persen kontribusi terbesar ketiga yaitu variable curah hujan. Hasil menunjukkan, bahwa beruang madu berada pada tipe hutan yang memiliki curah hujan rata – rata kisaran 240 – 260 mm/Tahun. Di daratan lainnya seperti (Myanmar, Thailand, Laos, Kamboja, dan Vietnam) Beruang Madu bersimpat dengan Beruang Hitam Asia, mendiami ekosistem musiman dengan musim kemarau yang panjang (3-7 bulan), dimana curah hujan kurang dari 100 mm per bulan (Scotson et al. 2017). Curah hujan memiliki peran vital dalam mendukung kehidupan beruang madu di berbagai habitatnya, termasuk hutan hujan tropis, mangrove, dan lahan gambut di Asia Tenggara. Ketersediaan curah hujan yang memadai menjadi kunci utama bagi pertumbuhan tanaman dan buah-buahan, sumber pangan utama beruang madu seperti buah-buahan, madu, dan serangga. Selain itu, curah hujan juga mendukung kelestarian ekosistem hutan hujan dengan menjaga kelembaban udara dan tanah. Hutan hujan tropis pada area Borneo, Sumatra serta Semenanjung Malaysia merupakan habitat utama beruang madu di wilayah Asia Tenggara, dimana wilayah ini tidak terbagi atas musim dan memiliki curah hujan yang tinggi hampir sepanjang tahun. Adapun diversiti hutan hujan tropis yang menjadi habitat beruang madu antara lain yaitu: dataran rendah dipterkarpa (Yusliansyah 2007).

Variable yang memiliki persen kontribusi terbesar keempat yaitu variable jarak dari jalan. Berdasarkan hasil, didapatkan bahwa beruang madu dijumpai pada jarak 4 – 5 km dari jalan. Hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh

(Nazeri et al. 2012), di mana kesesuaian habitat meningkat seiring dengan peningkatan jarak dari jalan raya. Beruang madu jarang terlihat pada daerah yang memiliki jarak ke jalan kurang dari 10 km. yang mana Dampak dari jalan terhadap pemanfaatan ruang oleh beruang madu (*helarctos malayanus*) telah di bahas dalam beberapa penelitian, yang mana menunjukkan bahwa jarak dari jalan raya dianggap sebagai variabel lingkungan yang memengaruhi model habitat beruang madu. Selain itu, pemanfaatan ruang oleh beruang madu di kawasan konservasi dan perkebunan juga dipengaruhi oleh jarak dari jalan raya sebagai salah satu faktor abiotik yang memengaruhi habitatnya (Gusnia 2013).

Variable yang memiliki persen kontribusi terbesar keempat yaitu variable jarak dari pemukiman. Berdasarkan hasil, probabilitas kehadiran beruang madu berada pada jarak 5 KM dari pemukiman. Keberadaan beruang madu terkait oleh beberapa faktor lingkungan seperti ekspansi perkebunan sawit yang dapat menyebabkan beruang madu masuk ke pemukiman warga akibat berkurangnya habitat alami dan sumber makan mereka (Wicaksono 2023). Pemukiman yang berada dekat dengan hutan atau kawasan dengan vegetasi yang sesuai mungkin akan lebih rentan terhadap interaksi dengan beruang madu. Abidin et al (2019) mengatakan Kemungkinan terjadinya konflik meningkat di wilayah yang jaraknya paling dekat dari pemukiman.

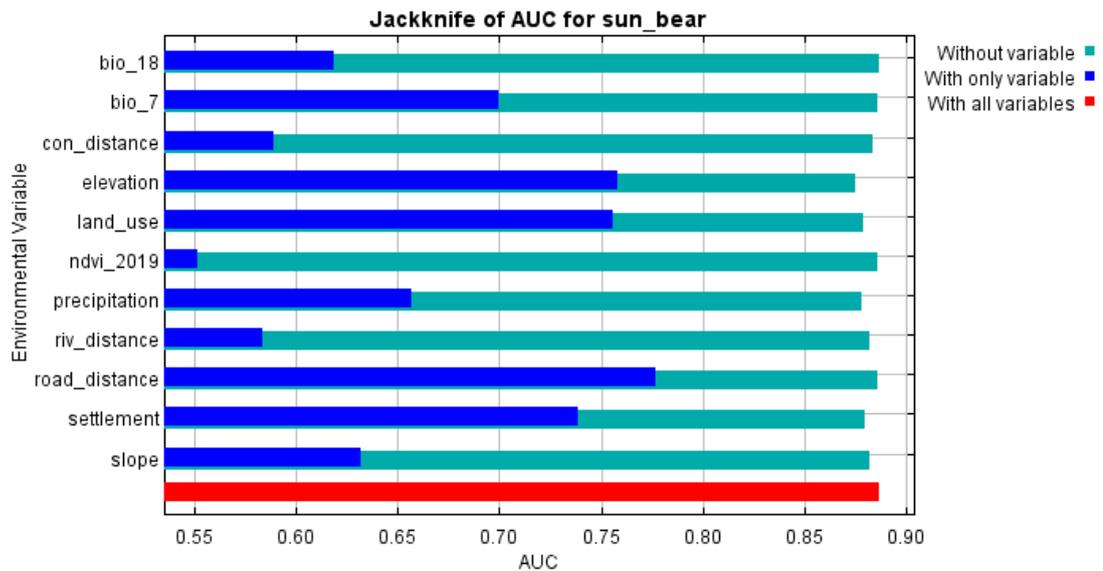
Variable yang memiliki persen kontribusi terbesar kelima yaitu variable Bio 7 (kisaran suhu tahunan) berdasarkan hasil, probabilitas kehadiran beruang madu berdasarkan persen kontribusi berada pada kisaran 9.5°C. hasil ini sedikit berbeda dengan penelitian Nazeri et al. (2012) beruang madu lebih menyukai daerah dengan kisaran suhu tahunan rata-rata 10 hingga 12°C. Suhu tahunan yang stabil juga dapat memungkinkan hayati yang tumbuh dan berkembang, seperti pohon yang menjadi sumber makanan bagi beruang madu (Tiara 2022). Namun, perubahan suhu tahunan dapat mempengaruhi berbagai aspek kehidupan di ekosistem, termasuk beruang madu dan lingkungan di mana mereka hidup (Tumanggor et al. 2022).

Variabel jarak dari area konservasi, jarak dari sungai, kemiringan, dan bio 18 (curah hujan kuartal terhangat) mungkin memiliki kontribusi rendah terhadap pemodelan prediksi beruang madu di Sumatera Barat karena faktor-faktor lain mungkin memiliki pengaruh yang lebih besar. Selain itu, kepadatan penduduk juga

dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap habitat dan sebaran spesies (Fadhli et al. 2019). Mungkin di daerah lain seperti curah hujan kuartal terhangat memiliki kontribusi yang berpengaruh terhadap beruang madu, akan tetapi di pemodelan ini curah hujan kuartal terhangat tidak terlalu berpengaruh terhadap probabilitas kehadiran beruang madu. Bio 18 (curah hujan kuartal terhangat) mewakili jumlah total curah hujan yang terjadi selama kuartal terpanas dalam setahun (O'Donnell and Ignizio 2012).

NDVI (indeks vegetasi) menjadi variabel yang paling rendah. Indeks vegetasi mungkin tidak secara langsung terkait dengan preferensi atau kebutuhan habitat beruang madu. Jika tanaman yang tercermin dalam indeks vegetasi tidak penting bagi beruang madu, variabel ini mungkin tidak memberikan kontribusi yang signifikan.

Selain menghasilkan persen kontribusi setiap variabel lingkungan, pemodelan menggunakan MaxEnt juga menghasilkan output berupa uji jackknife setiap variabel lingkungan terhadap model prediksi. Kontribusi setiap variabel lingkungan dapat dinilai melalui dua cara yaitu 1) percent contribution dan permutation importance serta 2) uji jackknife (Phillips dan Dudik 2008). Sementara itu, menurut Rahman et al. (2017), uji jackknife dilakukan untuk mendapatkan estimasi alternatif dari kepentingan variabel lingkungan. Uji ini akan menghasilkan model dengan masing-masing variabel terpisah dan juga model lain yaitu meniadakan salah satu variabel. Hasil uji jackknife disajikan pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik hasil uji *jackknife* pada nilai AUC

Gambar 12 menunjukkan adanya perbedaan warna pada variable lingkungan. Warna biru tua mencerminkan dampak masing-masing variabel, warna biru muda mencerminkan nilai tanpa variabel tersebut, sementara warna merah mencerminkan nilai total variabel lingkungan yang sedang dianalisis. Berdasarkan hasil uji jekknife didapatkan bahwa variable jarak dari jalan mencapai nilai AUC tertinggi yakni lebih dari 0.75. Namun di grafik uji jackknife training gain dan test gain Variabel lingkungan dengan gain tertinggi bila digunakan secara terpisah adalah land use, ini merupakan variabel yang efektif dalam model prediksi beruang madu jika hanya menggunakan satu variabel saja. Namun jika seluruh variabel lingkungan digunakan dalam model prediksi kehadiran beruang madu kemudian variabel lingkungan elevasi diabaikan maka nilai training gain, test gain dan AUC pada model tersebut akan menurun. Menurut Elith et al. (2011), nilai AUC dapat berkurang apabila menghilangkan variabel yang berkontribusi tinggi terhadap hasil pemodelan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang sudah di uraikan maka dapat di ambil beberapa ke simpulan yaitu:

- Berdasarkan pemodelan *MaxEnt* didapatkan bahwa kesesuaian habitat beruang madu menunjukkan bahwa distribusi habitat beruang madu di Sumatra Barat tidak merata, dengan fokus utama habitat optimal terdapat di hutan lindung, terutama di bagian utara . Dua variabel utama, Hutan Lindung (55%) dan Hutan Konservasi (44%), menjadi penentu utama distribusi habitat beruang madu, sementara Hutan Produksi hanya berkontribusi sebesar 1%. Ini memberikan informasi krusial untuk upaya pelestarian dan pemulihan habitat beruang madu, dengan penekanan pada perlindungan kawasan lindung dan konservasi untuk memastikan kelangsungan hidup populasi beruang madu di Sumatra Barat.
- Model prediksi keberadaan beruang madu di Sumatera Barat menggunakan *MaxEnt* memiliki tingkat keakuratan yang tinggi, dengan nilai AUC sebesar 0.922. Variabel lingkungan yang signifikan dalam mempengaruhi distribusi habitat beruang madu adalah elevasi, penggunaan lahan, curah hujan, jarak dari jalan, dan jarak dari pemukiman. Beruang madu cenderung memilih habitat di hutan primer dan sekunder dengan ketinggian sekitar 1500-2000 mdpl, curah hujan rata-rata 240-260 mm/tahun, dan jarak 4-5 km dari jalan. Kontribusi variabel lingkungan tertinggi adalah elevasi sebesar 31.1%, diikuti oleh penggunaan lahan (21.4%) dan curah hujan (15.5%). Ini memberikan wawasan penting untuk pelestarian dan pemulihan habitat beruang madu, dengan penekanan pada perlindungan kawasan lindung, pengelolaan penggunaan lahan, dan perhatian terhadap dampak jalan dan pemukiman terhadap keberadaan beruang madu di Sumatera Barat.

6.2 Saran

- Dengan informasi yang diperoleh dari hasil penelitian ini, pengelola kawasan konservasi di Sumatera Barat diharapkan dapat mengambil langkah-langkah strategis dan efektif dalam menjalankan upaya konservasi beruang madu. Data yang terkumpul akan menjadi landasan yang kuat untuk perencanaan tindakan yang cermat dan terfokus, terutama di daerah-daerah yang memiliki potensi tinggi terhadap kemungkinan keberadaan beruang madu.
- Pemahaman yang lebih mendalam tentang pola perilaku, habitat, dan populasi beruang madu di Sumatera Barat melalui penelitian ini dapat membantu pengelola kawasan konservasi dalam mengidentifikasi area-area kritis yang memerlukan perlindungan ekstra. Dengan mengintegrasikan temuan penelitian ke dalam strategi konservasi, pengelola dapat merancang kebijakan yang lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan dalam ekologi beruang madu.
- Upaya konservasi yang didukung oleh informasi ilmiah yang solid dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas program-program perlindungan satwa liar. Diharapkan pula bahwa temuan dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif terhadap upaya pelestarian beruang madu di Sumatera Barat, memastikan kelangsungan hidup spesies ini dan menjaga keseimbangan ekosistem secara keseluruhan.
- Saran untuk penelitian selanjutnya adalah untuk mendalami aspek-aspek tertentu dari ekologi dan perilaku beruang madu, seperti pola migrasi, interaksi dengan habitat manusia, dan keterkaitannya dengan spesies lain. Penelitian lebih lanjut juga dapat difokuskan pada evaluasi efektivitas strategi konservasi yang telah diterapkan dan pengembangan metode yang lebih inovatif untuk memantau populasi beruang madu. Pentingnya melibatkan masyarakat lokal dalam upaya konservasi juga dapat menjadi fokus penelitian berikutnya, dengan mengidentifikasi faktor-faktor sosial dan ekonomi yang memengaruhi keterlibatan mereka dalam perlindungan habitat beruang madu. Sinergi antara penelitian ilmiah dan partisipasi masyarakat dapat memperkuat upaya pelestarian beruang madu di Sumatera Barat secara holistik dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alikodra, H.S. 2002. *Pengelolaan Satwaliar Jilid I*. Bogor: Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Abidin, Kamaruddin Z., Tukimat Lihan, Taherah M. Taher, Nabilah Nazri, Izzat Husna Ahmad Zaini, Mohammad Saiful Mansor, Rahmat Topani, and Shukor Md Nor. 2019. "Predicting Potential Conflict Areas of the Malayan Sun Bear (*Helarctos Malayanus*) in Peninsular Malaysia Using Maximum Entropy Model." *Mammal Study* 44(3):193–204. doi: 10.3106/ms2018-0064.
- Anni Puji Astutik. 2005. "Beruang Madu (*Helarctos Malayanus*)."
Universitas Lampung 7(2):147–73.
- Aqila, Putri. 2015. "Taksonomi Dan Persebara Beruang Madu." *Universitas Lampung*.
- Augeri, D. M. 2005. "On the Biogeographic Ecology of the Malayan Sun Bear." *Wildlife Research Group Department of Anatomy Faculty of Biological Sciences University of Cambridge* (June).
- Azizah, Leali Nur. 2021. "Pengertian Dan Contoh Komponen Abiotik Dan Biotik Dalam Ekosistem." *Gramedia.Com*. Retrieved June 5, 2023 (<https://www.gramedia.com/literasi/komponen-abiotik-dan-biotik-dalam-ekosistem/>).
- Badan konservasi Sumber Daya Alam. 2022. "BKSDA Sumbar Penanganan Konflik Satwa Beruang Madu Bersama Tim Patroli PAGARI." *Direktorat Jendral Badan Konservasi Sumber Daya Alam Dan Ekosistem*. Retrieved February 5, 2024 (<https://ksdae.menlhk.go.id/info/10159/bksda-sumbar-penanganan-konflik-satwa-beruang-madu-bersama-tim-patroli-pagari.html>).
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat. 2015. "Perjanjian Kinerja."
- Bagaskara. 2022. "Pengertian Hutan, Jenis, Ciri, Sampai Manfaatnya." *Mutuinternational*. Retrieved (<https://mutucertification.com/pengertian-hutan-adalah-serta-jenis-cirinya/>).
- Baldwin, Roger A. 2009. "Use of Maximum Entropy Modeling in Wildlife Research." *Entropy* 11(4):854–66. doi: 10.3390/e11040854.
- Cites, 2015. 2015. "CITES Appendices I, II, and III." *Journal of Minimal Access Surgery* 4(3):85–87.
- Dathe, Heinrich. 1970. "A Second Generation Birth of Captive Sun Bears: At East Berlin Zoo." *International Zoo Yearbook* 10:79.
- Dominico, T. 1988. "Bears of the World." *Facts on File, Inc. New York*.
- Eko. 2020. "Beruang Madu, Sun Bear, *Helarctos Malayanus*." *Planterandforester.Com*. Retrieved April 9, 2023 (<https://www.planterandforester.com/2020/12/beruang-madu-helarctos-malayanus.html>).
- Elith, Jane, Catherine H. Graham, Robert P. Anderson, Miroslav Dudík, Simon Ferrier, Antoine Guisan, Robert J. Hijmans, Falk Huettmann, John R. Leathwick, Anthony Lehmann, Jin Li, Lucia G. Lohmann, Bette A. Loiselle, Glenn Manion, Craig Moritz, Miguel Nakamura, Yoshinori Nakazawa, Jacob McC. M. Overton, A. Townsend

- Peterson, Steven J. Phillips, Karen Richardson, Ricardo Scachetti-Pereira, Robert E. Schapire, Jorge Soberón, Stephen Williams, Mary S. Wisz, and Niklaus E. Zimmermann. 2006. "Novel Methods Improve Prediction of Species' Distributions from Occurrence Data." *Ecography* 29(2):129–51. doi: 10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x.
- Elith, Jane, Steven J. Phillips, Trevor Hastie, Miroslav Dudík, Yung En Chee, and Colin J. Yates. 2011. "A Statistical Explanation of MaxEnt for Ecologists." *Diversity and Distributions* 17(1):43–57. doi: 10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x.
- Estyadi, Andika Bagus. 2011. "Aktivitas Harian Beruang Madu (*Helarctos Malayanus* Raffles, 1821) Pada Pusat Rehabilitas Harimau Sumatera Dharmasraya (PR-HSD) Arsari Sumatera Barat." (Servheen 1998):1–5.
- Fadhli, Muhammad, Rifardi, and Suardi Tarumun. 2019. "Modeling Land Use Change In Kampar District." 13(2):162–78.
- Fahriza, R. 2005. "Nasib Beruang Madu Di Tangan Pemburu." *Jurnalcelebes.Com*. Retrieved January 15, 2024 (<http://www.jurnalcelebes.com/view.php?id=144>).
- Feng, Q., and Dan Wang. 1991. "Studies on Malayan Sun Bear (*Helarctos Malayanus*) Inartificial Rearing." *Acta Theriologica Sinica* 11:81–86.
- Fetherstonhaugh, A. H. 1984. "Two Malayan Bears." *Journal of the Malayan Nature Society* Vol III No:1-4: 90 – 92.
- Gusnia, Nur Anita. 2013. "Penggunaan Ruang Oleh Beruang Madu Di Area Konservasi PT.RAPP ESTATE MERANTI." *Slideshare.Net* 2(1):545–55.
- Hall, Linnea S., Paul R. Krausman, and Michael L. Morrison. 1997. "Plea For Standard Terminology The Habitat Concept and a Plea for Standard Terminology Key Words Peer Refereed." *Biological Sciences East Building* 325(1):173–82.
- Horsfield, *Helarctos*, By Christopher S. Fitzgerald, and Paul R. Krausman. 2002. "Malayan Species *Helarctos Malayanus*. American Society of Mammologists." (696):1–5.
- Indra, Sifat-sifat Fisik D. A. N. 2001. "Nama Indonesia : Beruang Madu Nama Ilmiah : *Helarctos Malayanus* Nama Inggris : ' Malayan Sun Bear ' Atau ' Sun Bear .'" *Sun Bear Fact Sheet-Gabriella Fredriksson* 1–4.
- Lekagul, Boonsong, and And Jeffrey. 1977. "Mammal of Thailand. Association for The Conversion of Wildlife. Bangkok. Thailand." 14(3):262–262.
- Linkie, Matthew, Yoan Dinata, Agung Nugroho, and Iding Achmad Haidir. 2007. "Estimating Occupancy of a Data Deficient Mammalian Species Living in Tropical Rainforests: Sun Bears in the Kerinci Seblat Region, Sumatra." *Biological Conservation* 137(1):20–27. doi: 10.1016/j.biocon.2007.01.016.
- Meijaard, Erik. 1998. "Ursus (*Helarctos*) *Malayanus*, the Neglected Malaysian Sun Bear." *Nederlandsche Commissie Voor International Natuurbescherming (Xx)*:1–72.
- Nazeri, Mona, Kamaruzaman Jusoff, Nima Madani, Ahmad Rodzi Mahmud, Abdul Rani Bahman, and Lalit Kumar. 2012. "Predictive Modeling and Mapping of Malayan Sun Bear (*Helarctos Malayanus*) Distribution Using Maximum Entropy." *PLoS ONE* 7(10). doi: 10.1371/journal.pone.0048104.
- Noor, Maswal. 2018. "Sekilas Hutan Sumbar." *Dishut.Sumbarprov.Go.I*. Retrieved March 4, 2023 (<https://dishut.sumbarprov.go.id/details/pages/1>).

- O'Donnell, Michael S., and Drew A. Ignizio. 2012. "Bioclimatic Predictors for Supporting Ecological Applications in the Conterminous United States." *U.S Geological Survey Data Series 691* 10.
- Oktavianto, Pradhipta. 2023. "Bayangkan Jika Hutan Tanpa Satwa Liar." *Forestdigest*. Retrieved January 15, 2023 (<https://www.forestdigest.com/detail/2174/satwa-liar>).
- Onuma, Manabu, Masatsugu Suzuki, and Noriyuki Ohtaishi. 2001. "Reproductive Pattern of the Sun Bear (*Helarctos Malayanus*) in Sarawak, Malaysia." *Journal of Veterinary Medical Science* 63(3):293–97. doi: 10.1292/jvms.63.293.
- Pappas, and L. K., and Mc Lennan. 2002. "Malayan Sun Bear." *Honolulu*. Retrieved January 15, 2024 (http://www.honoluluzoo.org/zookeepers_Journal/sunbear.doc).
- Phillips, Sharon B., Viney P. Aneja, Daiwen Kang, and S. Pal Arya. 2006. "Modelling and Analysis of the Atmospheric Nitrogen Deposition in North Carolina." *International Journal of Global Environmental Issues* 6(2–3):231–52. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026.
- Puntodewo, A., S. Dewi, and J. Tarigan. 2003. *Sistem Informasi Geografis Untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam di international Forestry Research*.
- Robinson, Manurung Binar. 2020. "Ancaman Terhadap Beruang Madu (*Helarctos Malayanus* Raffles, 1821) Mahasiswa Program Studi S1 Biologi 2)." *Journal of Biology Education* 54(1):1–5.
- Scotson, L., G. Fredriksson, D. Augeri, C. Cheah, D. Ngoprasert, and W. Wai-Ming. 2017. "Helarctos Malayanus (Errata Version Published in 2018)." *The IUCN Red List of Threatened Species 2017: E.T9760A123798233* 8235:1–26.
- Southworth, Jane, and M. Claudia Stickler. 2008. "Application of Multi-Scale Spatial and Spectral Analysis for Predicting Primate Occurrence and Habitat Associations in Kibale National Park, Uganda." *Remote Sensing of Environment* 112(5):2170–86. doi: 10.1016/j.rse.2007.10.013.
- Suryani, Yani, Nurul Aulia Fitri, Ettie Tatiana, and Opik Taupiqurrohman. 2021. "Kajian Perilaku Beruang Madu (*Helarctos Malayanus*) Di Kandang Transit Balai Konservasi Sumber Daya Alam Kalimantan Tengah." *Journal of Conservation Biology* 35(1):32–33.
- Tanjung, Nala Sari, Dwi Sadono, and Cahyono Tri Wibowo. 2017. "Tingkat Partisipasi Masyarakat Dalam Pengelolaan Hutan Nagari Di Sumatera Barat." *Jurnal Penyuluhan* 13(1):14. doi: 10.25015/penyuluhan.v13i1.12990.
- Tiara, Nunik Dyah Bunga. 2022. *Strategi Komunikasi Pemasaran Agrowisata Beruang Madu Dan Lamin Etam Ambors (LEA) Di Kota Balikpapan Untuk Menarik Minat Pengunjung Di Era New Normal*.
- Tumanggor, M. A., A. Paiman, and C. Wulan. 2022. "... Harian Dan Pengelolaan Beruang Madu (*Helarctos Malayanus*) Di Tempat Penyelamatan Satwa Balai Konservasi Sumber Daya Alam Jambi."
- Undang-Undang Darurat Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 1957. 1957. "Pembentukan Daerah-Daerah Tingkat I Sumatera Barat."
- Undang - Undang No 41 Tahun 1999). n.d. "Undang - Undang No 41 Tahun 1999." *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 1985 Tentang Jalan* 4(1):1–5.
- Wicaksono, Raden Ariyo. 2023. "Ekspansi Sawit Sebabkan Beruang Madu Masuk Ke

Pemukiman.” *Betahita.Id.* Retrieved December 27, 2023 (<https://betahita.id/news/detail/8999/ekspansi-sawit-sebabkan-beruang-madu-masuk-ke-pemukiman.html?v=1689650592>).

Wong, Siew Te, Christopher Servheen, and Laurentius Ambu. 2002. “Food Habits of Malayan Sun Bears in Lowland Tropical Forests of Borneo.” *Ursus* 13(June):127–36.

Yusliansyah. 2007. “Jenis Dan Status Pengetahuan Sifat Dasar Kayu Dipterocarpaceae Asal Kalimantan”*Species End Research Status For Wood Basic Properties From Dipterocarpaceae (Kalimantan).* *NBER Working Papers* 89.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi lapangan

1. Menghitung tajuk kanopi 	2. Jejak cakaran beruang madu 
3. Tengkorak kepala Beruang madu 	4. Kerangka Beruang madu (terkena Jerat) 

Lampiran 2. Hasil uji korelasi

	Con_Distance	Elevation	Bio 12	Bio 14	Bio 16	Bio 17	Bio 18	Bio 3	Bio 4	Bio 9	Bio 1	Bio 7	NDVI 2019	Precipotation	Riv_Distance	Road_Diatance	Settlemen Slope	Temperature	
Con_Distance																			
Elevation	-0,38711		-0,57509	-0,5813	-0,57721	-0,56692	-0,28289	0,28123	-0,54854	-0,98862	-0,98861	0,11341	-0,17442	-0,13383	-0,21796	0,46369	0,38125	0,44654	-0,98861
Bio 12	0,4107	-0,57509		0,97287	0,98423	0,98264	0,85726	-0,13456	0,23202	0,59059	0,58829	0,29431	0,26378	0,23657	0,18035	-0,30407	-0,31118	-0,33091	0,58829
Bio 14	0,39947	-0,5813	0,97287		0,93095	0,98809	0,84969	-0,14428	0,26638	0,5955	0,59405	0,29544	0,26049	0,23015	0,13462	-0,31083	-0,33204	-0,30075	0,59405
Bio 16	0,40431	-0,57721	0,98423	0,93095		0,95285	0,83003	-0,14865	0,20928	0,5913	0,58846	0,27727	0,24819	0,23283	0,21097	-0,30039	-0,30022	-0,35867	0,58846
Bio 17	0,39497	-0,56692	0,98264	0,98809	0,95285		0,87012	-0,12744	0,22762	0,58273	0,58181	0,33989	0,25519	0,23247	0,13824	-0,3338	-0,36093	-0,31556	0,58181
Bio 18	0,32035	-0,28289	0,85726	0,84969	0,83003	0,87012		0,03013	0,02112	0,29561	0,30098	0,48259	0,24141	0,20279	-0,00728	-0,17101	-0,2297	-0,17019	0,30099
Bio 3	-0,0215	0,28123	-0,13456	-0,14428	-0,14865	-0,12744	0,03013		-0,34106	-0,24537	-0,24138	0,59294	-0,11728	-0,03191	-0,1174	-0,1272	-0,19333	-0,0153	-0,2414
Bio 4	0,41131	-0,54854	0,23202	0,26638	0,20928	0,22762	0,02112	-0,34106		0,53086	0,52412	-0,05019	0,08084	0,05497	0,04293	-0,22241	-0,11932	-0,19835	0,52414
Bio 9	0,41708	-0,98862	0,59059	0,5955	0,5913	0,58273	0,29561	-0,24537	0,53086		0,99944	-0,07837	0,17613	0,13977	0,2375	-0,47699	-0,3947	-0,44802	0,99943
Bio 1	0,40749	-0,98861	0,58829	0,59405	0,58846	0,58181	0,30098	-0,24138	0,52412	0,99944		-0,07451	0,17924	0,13923	0,22986	-0,47762	-0,39642	-0,44576	0,99999
Bio 7	0,26871	0,11341	0,29431	0,29544	0,27727	0,33989	0,48259	0,59294	-0,05019	-0,07837	-0,07451		0,00914	0,06957	-0,11681	-0,24892	-0,36714	-0,10941	-0,07451
NDVI 2019	0,08772	-0,17442	0,26378	0,26049	0,24819	0,25519	0,24141	-0,11728	0,08084	0,17613	0,17924	0,00914		0,06334	0,04002	-0,00489	0,00531	0,06175	0,17927
Precipotation	0,09556	-0,13383	0,23657	0,23015	0,23283	0,23247	0,20279	-0,03191	0,05497	0,13977	0,13923	0,06957	0,06334		0,04002	-0,07132	-0,07287	-0,07661	0,13923
Riv_Distance	0,14329	-0,21796	0,18035	0,13462	0,21097	0,13824	-0,00728	-0,1174	0,04293	0,2375	0,22986	-0,11681	0,00226	0,04002		-0,11931	-0,08327	-0,17053	0,22985
Road_Diatance	-0,19813	0,46369	-0,30407	-0,31083	-0,30039	-0,3338	-0,17101	-0,1272	-0,22241	-0,47699	-0,47762	-0,24892	-0,00489	-0,07132	-0,11931		0,83194	0,35488	-0,4776
Settlement	-0,09448	0,38125	-0,31118	-0,33204	-0,30022	-0,36093	-0,2297	-0,19333	-0,11932	-0,3947	-0,39642	-0,36714	0,00531	-0,07287	-0,08327	0,83194		0,33084	-0,3964
Slope	-0,1999	0,44654	-0,33091	-0,30075	-0,35867	-0,31556	-0,17019	-0,0153	-0,19835	-0,44802	-0,44576	-0,10941	0,06175	-0,07661	-0,17053	0,35488	0,33084		-0,44575
Temperature	0,40753	-0,98861	0,58829	0,59405	0,58846	0,58181	0,30099	-0,2414	0,52414	0,99943	0,99999	-0,07451	0,17927	0,13923	0,22985	-0,4776	-0,3964	-0,44575	

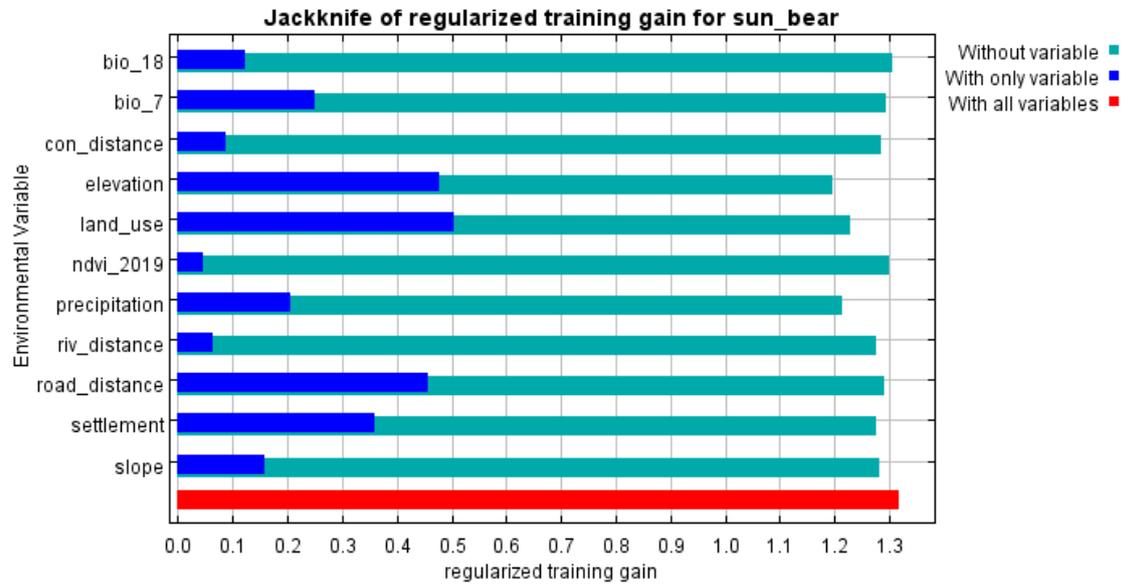
Ket: Bio 1. Suhu rata – rata tahunan, Bio 3. Insotermal, Bio 4. Suhu musiman, Bio 7. Kisaran suhu tahunan, Bio 9. Suhu rata rata kuartal terkering Bio 12. Curah hujan tahunan, Bio 14. Curah hujan bulan terkering, Bio 16. Curah hujan kuartal terbasah, Bio 17. Curah hujan kuartal terkering, Bio 18. Curah hujan kuartal terhangat.

Lampiran 3. Persentase distribusi berdasarkan fungsi kawasan

Fungsi	Luas Suitabel (HA)	Luas Fungsi Kawasan	Persentase Hunian Fungsi Kawasan (%)
HK	234129,02	586377,84	39,93
HL	295656,15	791463,53	37,36
HP	7614,96	360600,50	2,11

Lampiran 5. Hasil uji jekknife.

1. Training gain



2. Test gain

