

**APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) UNTUK  
PEMETAAN KESESUAIAN HABITAT GAJAH SUMATERA (*Elephas  
maximus sumatranus*) DI TAMAN NASIONAL WAY KAMBAS**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**FAWWAZ AKBAR  
NPM 1914151038**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### **Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Pemetaan Kesesuaian Habitat Gajah Sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Taman Nasional Way Kambas**

Oleh

**Fawwaz Akbar**

Pengelolaan hutan membutuhkan informasi data spasial dalam pengambilan kebijakannya. Salah satu teknologi spasial yang sangat berguna adalah sistem informasi geografis. Informasi spasial mengenai habitat gajah sumatera sangat diperlukan mengingat populasinya dan habitatnya semakin menurun dari tahun ke tahun. Taman Nasional Way Kambas menjadi salah satu habitat bagi gajah sumatera dan pergerakannya dipantau melalui *GPS Collar*. Kondisi kesesuaian habitat di TNWK akan mempengaruhi pergerakan gajah sumatera. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pola penggunaan ruang, faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pergerakan, dan kesesuaian habitat gajah sumatera di TNWK. Penelitian ini menggunakan metode *home range Kernel Density* dan *Minimum Convex Polygon*, *MaxEnt*, serta *Analytical Hierarchy Process* kemudian dilakukan analisis deskriptif. Luas daerah jelajah gajah sumatera di TNWK paling kecil adalah kelompok Anita seluas 30,646.48 ha (MCP) dan 13,371.03 ha (*Kernel Density 95%*). Daerah jelajah terluas dimiliki Dugul seluas 122,556.63 ha (MCP), serta kelompok Ester 106,581.11 ha (MCP) dan 52,646.57 ha (*Kernel Density 95%*). Jarak dari sungai merupakan parameter lingkungan yang berpengaruh bagi semua kelompok dan individu gajah. Pemodelan kesesuaian habitat gajah sumatera menggunakan *MaxEnt* seluruhnya memiliki akurasi yang baik hingga sangat baik dengan luas berbeda-beda pada setiap kelompok. Pemodelan kesesuaian habitat dengan *Analytical Hierarchy Process* mendapatkan nilai akhir yang menunjukkan bahwa kelas kesesuaian habitat sangat sesuai (0,280-0,389), sesuai (0,170-0,280), dan tidak sesuai (0,061-0,170). Berdasarkan hasil *overlay* untuk validasi peta kesesuaian habitat gajah didapatkan 98,5% titik *tagging* berada pada kelas sangat sesuai dan sesuai.

**Kata kunci:** habitat, gajah sumatera, kesesuaian, daerah jelajah.

## **ABSTRACT**

### ***Geographic Information System (GIS) Application for Mapping the Habitat Suitability of Sumatran Elephants (*Elephas maximus sumatranus*) in Way Kambas National Park.***

**By**

**Fawwaz Akbar**

*Forest management requires spatial data information for policy-making. One useful spatial technology is the Geographic Information System. Spatial information regarding habitat of sumatran elephant is crucial considering its declining population and habitat. Way Kambas National Park (TNWK) is one of the habitats for the sumatran elephant, and its movement is monitored through GPS Collars. Habitat suitability conditions in TNWK will affect the movement of the sumatran elephant. The aim of this study is to analyze spatial use patterns, factors affecting movement, and habitat suitability of the Sumatran elephant in TNWK. This study uses the Home Range Kernel Density and Minimum Convex Polygon methods, MaxEnt, and Analytical Hierarchy Process, followed by descriptive analysis. The smallest Sumatran elephant home range in TNWK belongs to the Anita group, covering 30,646.48 ha (MCP) and 13,371.03 ha (Kernel Density 95%). The largest home range belongs to Dugul, covering 122,556.63 ha (MCP), and the Ester group covers 106,581.11 ha (MCP) and 52,646.57 ha (Kernel Density 95%). The distance from the river is an environmental parameter that affects all groups and individual elephants. The MaxEnt modeling of sumatran elephant habitat suitability has good to excellent accuracy with varying areas in each group. The Analytical Hierarchy Process modeling of habitat suitability obtains a final value that indicates very suitable (0.280-0.389), suitable (0.170-0.280), and unsuitable (0.061-0.170) habitat classes. Based on the overlay results for validating the elephant habitat suitability map, 98.5% of tagging points are in the very suitable and suitable classes.*

**Keywords:** *habitat, sumatran elephant, suitability, home range.*

**APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) UNTUK  
PEMETAAN KESESUAIAN HABITAT GAJAH SUMATERA (*Elephas  
maximus sumatranus*) DI TAMAN NASIONAL WAY KAMBAS**

Oleh

**FAWWAZ AKBAR**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA KEHUTANAN**

Pada

**Jurusan Kehutanan  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul : **APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)  
UNTUK PEMETAAN KESESUAIAN HABITAT GAJAH  
SUMATERA (*Elephas Maximus Sumatranus*) DI TAMAN  
NASIONAL WAY KAMBAS**

Nama : *Fawwaz Akbar*

NPM : 1914151038

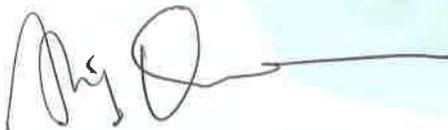
Jurusan : Kehutanan

Fakultas : Pertanian

Tanggal Pengajuan : 16 Juni 2023

### MENYETUJUI

#### 1. Komisi Pembimbing

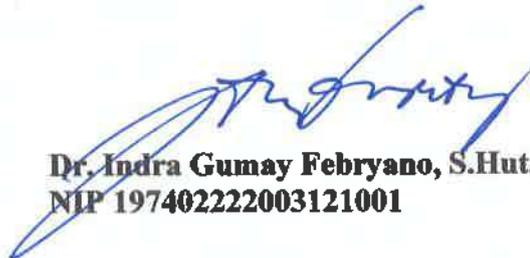


**Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc.**  
NIP 197907012008011009



**Yulia Rahma F., S.Hut., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 198307162005012001

#### 2. Ketua Jurusan Kehutanan



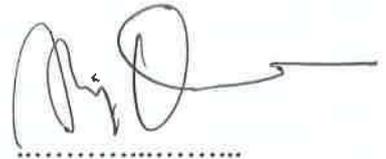
**Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.**  
NIP 197402222003121001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua**

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



**Sekretaris**

**: Yulia Rahma F., S.Hut., M.Sc., Ph.D.**



**Penguji**

**Bukan Pembimbing**

**: Dr. Indra Gumay F., S.Hut., M.Si.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**

**Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**  
**NIP. 196110201986031002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 6 Juni 2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fawwaz Akbar

NPM : 1914151038

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

**“APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) UNTUK PEMETAAN KESESUAIAN HABITAT GAJAH SUMATERA (*Elephas maximus sumatranus*) DI TAMAN NASIONAL WAY KAMBAS”**

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

Bandar Lampung, 14 Juni 2023

Yang menyatakan

The image shows a handwritten signature in black ink over a yellow rectangular stamp. The stamp contains the text 'UNIVERSITAS SUMATERA SELATAN' and the ID number 'F634AKX532293246'. The signature is written in a cursive style.

**Fawwaz Akbar**

**NPM 1914151038**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Kota Sukabumi, pada 8 Maret 2001. Sebagai anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Iwan Setiawan dan Ibu Ida Rosita. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN Gunungpuyuh CBM tahun 2007-2013, SMPN 1 Kota Sukabumi tahun 2013-2016, dan SMAN 3 Kota Sukabumi tahun 2016-2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui salah satu program penerimaan mahasiswa baru Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (HIMASYLVA) sebagai anggota pada tahun 2019-2020. Tahun 2021 penulis diamanahkan untuk menjadi Sekretaris Bidang 2 Pengkaderan dan Penguatan Organisasi Himasyuva. Tahun 2022 penulis diamanahkan untuk menjadi Ketua Bidang 2 Pengkaderan dan Penguatan Organisasi Himasyuva. Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gedepangrango, Kecamatan Kadudampit, Kabupaten Sukabumi selama 40 hari pada bulan Januari - Februari 2022. Penulis juga melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Getas, Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah dan KHDTK Wanagama, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Hutan Pendidikan Universitas Gadjah Mada) selama 20 hari pada Agustus 2022. Tahun 2022-2023 penulis diamanahkan sebagai asisten dosen mata kuliah Pemetaan dan Geomatika Kehutanan serta Penginderaan Jauh di Program Sarjana (S1) Universitas Lampung.

Penulis aktif di beberapa aksi atau kegiatan konservasi diantaranya mengikuti kegiatan pelepasan satwa liar bersama SKW III Lampung BKSDA Bengkulu di TAHURA Wan Abdul Rachman dan menjadi tim survey sensus dalam upaya penyelamatan badak sumatera di Taman Nasional Way Kambas tahun 2022. Penulis juga melakukan publikasi ilmiah berjudul “Pemodelan Kesesuaian Habitat Gajah Sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) di Taman Nasional Way Kambas” yang dimuat dalam Jurnal Hutan Tropis Universitas Lambung Mangkurat.

*Bismillaahirrahmaanirrahiim*

Kupersembahkan karya ini untuk Bapak dan Mamah tercinta. Ini adalah berkah dari do'a Bapak dan Mamah.

## SANWACANA

Puji syukur kepada Allah *Subhanahu wa ta'ala* karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Sholawat dan salam tak lupa penulis sanjung agungkan kepada Nabi Muhammad *Sallallahu alaihi wasallam* sebagai rasul terakhir yang sangat besar pengaruhnya terhadap umat manusia. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai hambatan dan kesulitan, namun dapat terselesaikan baik dengan bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung sekaligus dosen pembahas yang telah memberikan masukan dan saran-saran pada seluruh rangkaian proses sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
3. Bapak Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc. pembimbing utama yang telah banyak memberikan bantuan dan meluangkan waktu untuk memberikan arahan, bimbingan, motivasi serta saran kepada penulis dalam penyusunan skripsi;
4. Ibu Yulia Rahma Fitriana, S.Hut., M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing kedua yang telah banyak memberikan bantuan dan meluangkan waktu untuk memberikan arahan, bimbingan, motivasi serta saran kepada penulis dalam penyusunan skripsi;
5. Bapak Dr. Ceng Asmarahman, S.Hut., M.Si. selaku pembimbing akademik yang telah memberi saran dan motivasi dalam proses penyelesaian kuliah di Universitas Lampung;

6. Seluruh Dosen Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas ilmu yang telah diberikan;
7. Bapak Kuswando, S.Hut., M.P. selaku Kepala Balai Taman Nasional Way Kambas yang telah memberikan izin dan kesempatan untuk melakukan penelitian ini;
8. Seluruh staf Balai Taman Nasional Way Kambas, SPTN I Way Kanan, SPTN II Bungur, SPTN III Kuala Penet, Tim Gajah TNWK, dan ERU-KHS;
9. *Asean Centre for Biodiversity* dan FKGI yang telah memberikan dukungan pendanaan sehingga penelitian ini dapat terlaksana;
10. Komunitas untuk Hutan Sumatera (KHS) yang telah memberikan pendanaan pada pengadaan alat *GPS Collar*;
11. Kedua orang tua saya, Bapak Iwan Setiawan dan Ibu Ida Rosita yang senantiasa menemani, memberikan semangat, motivasi, kasih sayang, dukungan baik moral maupun materi serta tak hentinya mendoakan penulis. Semoga Allah SWT selalu menjaga dan memberikan keberkahan usia;
12. Saudara kandung saya, Elgin Muflihan dan Syahfiraz Hibatullah yang memberikan doa, dukungan, dan senyuman indah kepada penulis sehingga memberi getar semangat dalam menyusun skripsi ini. Semoga Allah memudahkan kita untuk menjadi anak yang berbakti kepada kedua orang tua dan terus belajar untuk menjadi manusia yang bermanfaat bagi sesama;
13. Saudara seperjuangan kehutanan Angkatan 2019 (FORMICS) atas dukungan kalian yang selalu menjadi semangat tersendiri bagi penulis;
14. Abang dan Mbak Kehutanan Unila yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis;
15. Keluarga Besar Himasyilva;
16. Seorang Mahasiswa Kehutanan bernama Fawwaz Akbar yang banyak membantu diri sendiri dalam penyelesaian penelitian dan penyusunan skripsi;
17. Serta seluruh pihak yang terlibat dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Semoga Allah memberikan balasan atas kebaikan yang telah diberikan. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Akan tetapi

penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan informasi, manfaat dan inspirasi bagi pembaca dalam mengembangkan penelitian-penelitian lebih lanjut yang serupa, *aamiin*.

Bandar Lampung, 13 Juni 2023

**Fawwaz Akbar**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	ix
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Kerangka Pemikiran.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
3.1 Gambaran Umum Taman Nasional Way Kambas.....	6
3.1.1 Sejarah Taman Nasional Way Kambas .....	6
3.2 Gajah Sumatera .....	8
3.2.1 Klasifikasi.....	8
3.2.2 Persebaran dan Populasi Gajah Sumatera .....	9
3.2.3 Habitat Gajah Sumatera.....	10
3.2.4 Perilaku Gajah Sumatera .....	13
3.3 Wilayah Jelajah Gajah Sumatera .....	15
3.4 Sejarah Pengelolaan Gajah Sumatera di Taman Nasional Way Kambas .....	16
3.5 Sistem Informasi Geografis (SIG) atau <i>Geographic Information         System</i> .....	17
3.5.1 Konsep Dasar dan Definisi SIG .....	17
3.5.2 Sub-sistem SIG .....	17
2.4.2 Pengaplikasian Sistem Informasi Geografis .....	18
3.6 Data Raster dan Data Vektor .....	18
3.7 <i>Software ArcGIS</i> .....	19
3.8 <i>GPS Collar</i> pada gajah.....	19

<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	21
3.2 Alat dan Bahan .....	21
3.3 Jenis Data .....	22
3.4 Metode .....	22
3.4.1 Inventarisasi Data .....	22
3.4.2 Pengolahan Data .....	23
3.4.3 Pendugaan Daerah Jelajah Gajah Sumatera di TNWK .....	24
3.4.4 Pemodelan <i>MaxEnt</i> Kesesuaian Habitat Gajah Sumatera di TNWK .....	25
3.4.5 Validasi Model <i>MaxEnt</i> Kesesuaian Habitat Gajah Sumatera di TNWK .....	26
3.4.6 Pemodelan Kesesuaian Habitat Gajah Sumatera di TNWK menggunakan <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i> .....	26
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1 Kondisi Lokasi Penelitian .....	30
4.2 Pendugaan Daerah Jelajah Gajah Sumatera di TNWK .....	33
4.2.1 Daerah Jelajah Kelompok Gajah Sumatera di TNWK .....	33
4.2.2 Penggunaan Daerah Jelajah terhadap Penutupan Lahan .....	41
4.2.3 Penggunaan Daerah Prioritas ( <i>Core Range</i> ) terhadap Penutupan Lahan .....	44
4.2.4 Penggunaan <i>Core Range</i> berdasarkan Waktu .....	45
4.3 Pemodelan <i>MaxEnt</i> Kesesuaian Habitat Gajah Sumatera di TNWK .....	55
4.3.1 Hasil Uji Validasi Model <i>MaxEnt</i> Kesesuaian Habitat Gajah Sumatera di TNWK .....	55
4.3.2 Kontribusi Parameter Lingkungan terhadap Model .....	58
4.3.3 Kurva Respon Data <i>GPS Collar</i> terhadap Parameter Lingkungan .....	63
4.3.4 Peta Model <i>MaxEnt</i> Kesesuaian Habitat Gajah Sumatera di TNWK .....	73
4.4 Pemodelan <i>Analytical Hierarchy Process</i> Kesesuaian Habitat Gajah Sumatera di TNWK .....	83
4.4.1 Pembobotan Parameter Lingkungan Model AHP .....	83
4.4.2 Nilai Akhir Kesesuaian Habitat dan Validasi Model .....	87
4.4.3 Kelas Kesesuaian Habitat dalam Zonasi Taman Nasional Way Kambas .....	92
4.5 Implikasi Pengelolaan Gajah Sumatera dan Habitatnya di Taman Nasional Way Kambas untuk Masa yang Akan Datang .....	93
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>96</b>
5.1 Simpulan .....	96
5.2 Saran .....	97
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>99</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>107</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Syarat habitat gajah sumatera dan jenis data yang dibutuhkan.....	22
2. Jenis dan sumber data yang dikumpulkan.....	23
3. Kelas kesesuaian habitat berdasarkan nilai <i>MaxEnt</i> .....	26
4. Tingkat akurasi model kesesuaian habitat berdasarkan nilai AUC.....	26
5. Parameter kesesuaian habitat gajah sumatera. ....	28
6. Luas daerah jelajah metode MCP dan <i>Kernel Density</i> .....	41
7. Luas penggunaan daerah jelajah (MCP) terhadap penutupan lahan .....	43
8. Luas penggunaan daerah jelajah ( <i>Kernel Density 95%</i> ) terhadap penutupan lahan .....	43
9. Luas penggunaan daerah prioritas ( <i>Kernel Density 50%</i> ) terhadap penutupan lahan .....	45
10. Pembobotan kriteria parameter lingkungan .....	83
11. Pembobotan subkriteria parameter lingkungan.....	86
12. Kelas kesesuaian habitat .....	88
13. Validasi model .....	90

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir kerangka pemikiran penelitian.....	5
2. Peta zona pengelolaan TNWK 2020. ....	7
3. Peta lokasi penelitian TNWK. ....	21
4. Proses penetapan indeks kesesuaian habitat. ....	27
5. Peta penutupan lahan dan aliran sungai TNWK .....	31
6. Area bekas kebakaran yang ditumbuhi ilalang muda. ....	32
7. Daerah jelajah kelompok Anita.....	34
8. Daerah jelajah kelompok Bintang.....	35
9. Daerah jelajah kelompok Ceria.....	36
10. Daerah jelajah kelompok Dugul.....	37
11. Daerah jelajah kelompok Ester .....	38
12. Daerah jelajah kelompok Fina .....	39
13. Grafik intensitas keberadaan kelompok Anita dan Bintang setiap bulan pada Tahun 2020. ....	47
14. Grafik intensitas keberadaan kelompok Anita dan Bintang setiap bulan pada Tahun 2021. ....	48
15. Grafik intensitas keberadaan kelompok Anita dan Bintang setiap bulan pada Tahun 2022. ....	49
16. Grafik intensitas keberadaan kelompok Ester dan Fina setiap bulan pada Tahun 2020. ....	51
17. Grafik intensitas keberadaan kelompok Ester dan Fina setiap bulan pada Tahun 2021. ....	52
18. Grafik intensitas keberadaan kelompok Ester dan Fina setiap bulan pada Tahun 2022. ....	53
19. Kurva ROC ( <i>Receiver Operating Characteristic</i> ). ....	57
20. Diagram analisis <i>Jackknife</i> terhadap parameter lingkungan.....	61
21. Pecahan kelompok bintang berada di area bekas kebakaran. ....	62
22. <i>Response curve</i> jarak dari sungai. ....	63
23. <i>Response curve</i> jarak dari jalan.....	65
24. <i>Response curve</i> jarak dari jalur keluar gajah.....	67
25. Jalur keluar gajah dari kawasan melintasi sungai. ....	67
26. Jalur keluar gajah di Desa Labuhan Ratu IX. ....	68
27. <i>Response curve</i> jarak dari bekas kebakaran. ....	69
28. <i>Response curve</i> terhadap tutupan lahan. ....	70
29. Habitat rawa dan hutan rawa sekunder kelompok Ester dan Fina. ....	72
30. Peta kesesuaian habitat model <i>MaxEnt</i> kelompok Anita. ....	74

31. Peta kesesuaian habitat model <i>MaxEnt</i> kelompok Bintang. ....	75
32. Peta kesesuaian habitat model <i>MaxEnt</i> kelompok Ceria. ....	76
33. Peta kesesuaian habitat model <i>MaxEnt</i> kelompok Dugul. ....	77
34. Peta kesesuaian habitat model <i>MaxEnt</i> kelompok Ester. ....	78
35. Peta kesesuaian habitat model <i>MaxEnt</i> kelompok Fina. ....	79
36. Kelas kesesuaian habitat gajah sumatera dalam zonasi TNWK. ....	82
37. Peta kesesuaian habitat gajah sumatera di Taman Nasional Way Kambas. ....	89
38. Peta validasi model kesesuaian habitat gajah sumatera di Taman Nasional Way Kambas. ....	91
39. Grafik luas kelas kesesuaian habitat gajah pada zonasi Taman Nasional Way Kambas. (A) zona inti, (B) zona rimba, (C) zona pemanfaatan, (D) zona rehabilitasi, (E) zona khusus, dan (F) zona religi. ....	92

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Kuisisioner penelitian .....	108
2. Dokumentasi <i>groundcheck</i> .....	111
3. Pengolahan <i>Expert Choice</i> .....	116
4. Nilai akhir hasil analisis <i>union</i> metode AHP .....	119
5. Surat Izin Memasuki Kawasan Konservasi untuk penelitian.....	137
6. Surat pernyataan penelitian .....	139

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam rangka menjaga kelestarian sumber daya hutan, diperlukan perencanaan dan pengelolaan yang baik dengan mengambil keputusan berdasarkan informasi yang memadai, termasuk informasi spasial. Teknologi spasial yang sangat berguna untuk tujuan ini adalah sistem informasi geografis (SIG). Teknologi SIG dapat membantu perencanaan dan pengelolaan dengan memungkinkan program pemetaan yang efisien (Munthe *et al.*, 2021). Perkembangan teknologi SIG juga membantu pengelolaan data secara cepat, memungkinkan sumber daya digunakan secara efektif dan efisien. Salah satu aplikasi SIG yang penting dalam pengelolaan satwa liar adalah pemodelan kesesuaian habitat (Maulana, 2021). Informasi data spasial sangat penting untuk memetakan hubungan potensial antara variabel habitat yang mempengaruhi satwa liar. Dalam hal ini, perencanaan yang tepat sangat penting, dengan dukungan informasi yang akurat tentang aspek lingkungan fisik dan biologis, seperti peta topografi, vegetasi, distribusi satwa, dan sebagainya. Analisis spasial juga dapat memberikan informasi tentang keadaan habitat pada waktu tertentu, sehingga perubahan yang terjadi dapat diketahui dan digunakan sebagai dasar untuk menetapkan kebijakan pengelolaan (Berliana, 2019).

Setiap tahun kondisi habitat gajah sumatera semakin memburuk. Data dari Forum Konservasi Gajah Indonesia pada tahun 2014 menunjukkan bahwa pada 13 habitat gajah sumatera di Sumatera tidak ditemukan populasi gajah sumatera. Populasi gajah sumatera di 11 habitat gajah lainnya dikategorikan sebagai kritis, sedangkan di 2 habitat gajah lainnya, populasi melebihi kritis. Meskipun gajah sumatera merupakan satwa langka yang harus dilindungi, perkiraan populasi pada 2007 hanya antara 2400-2800 individu. Namun jumlah populasi tersebut

diperkirakan menurun drastis akibat perburuan, pembunuhan, dan penyusutan habitatnya yang terus terjadi. Menurut Rapsodi (1987), jika kerusakan dan penyempitan habitat alami terus terjadi, gajah sumatera akan keluar dari habitatnya. Oleh karena itu, keberlangsungan hidup gajah sumatera perlu dilindungi dan dipulihkan. Pengetahuan tentang kondisi kehidupannya di habitat alaminya menjadi dasar pengelolaan habitat gajah sumatera (Mustafa *et al.*, 2019). Selain itu, upaya konservasi dan restorasi habitat yang tepat juga perlu dilakukan agar populasi gajah sumatera dapat bertahan di masa depan.

Gajah sumatera memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga kelestarian ekosistem dan merupakan spesies kunci di Taman Nasional Way Kambas (TNWK). Pergerakan gajah sumatera di TNWK sangat dipengaruhi oleh kesesuaian habitatnya yang berfungsi sebagai tempat hidup, berkembang biak, dan memenuhi kebutuhan hidup satwa ini (Pramana *et al.*, 2019). Untuk memantau pergerakan gajah sumatera di TNWK, digunakan data *GPS Collar* pada betina yang menjadi pemimpin kelompok dan satu individu jantan. Namun, kondisi kesesuaian habitat gajah sumatera di TNWK saat ini terus mengalami perubahan akibat tekanan manusia dan perubahan tutupan lahan. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan sistem informasi geografis untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergerakan gajah sumatera dan kesesuaian habitatnya berdasarkan data *GPS Collar*. Informasi ini sangat penting dalam pengambilan keputusan kebijakan pengelolaan untuk menjaga keberlangsungan hidup gajah sumatera dan mempertahankan ekosistem di TNWK (Sukmantoro *et al.*, 2009).

## 1.2 Rumusan Masalah

Konservasi habitat gajah sumatera di TNWK sangat penting untuk melindungi populasi gajah sumatera dan ekosistem yang dihuninya. Peneliti mencoba memetakan kesesuaian habitat gajah sumatera di TNWK menggunakan aplikasi dari *Software GIS*. Pemetaan untuk habitat gajah sumatera diharapkan mampu memberikan informasi mengenai kondisi habitat gajah sumatera saat ini, sehingga diperoleh *layout* pemetaan kesesuaian habitat gajah sumatera berdasarkan parameter-parameter yang digunakan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu pengambilan kebijakan dalam perencanaan dan pengelolaan kawasan TNWK, khususnya dalam menentukan faktor penyebab penyusutan populasi gajah

sumatera, apakah itu akibat dari kondisi habitat atau faktor lain seperti gangguan manusia, perburuan liar, dan perubahan fungsi kawasan. Dengan demikian, pemetaan kesesuaian habitat gajah sumatera dapat menjadi landasan yang kuat bagi pengambilan keputusan dalam menjaga keberlangsungan populasi gajah sumatera di TNWK dan konservasi ekosistem yang lebih luas.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pola penggunaan ruang gajah sumatera di Taman Nasional Way Kambas
2. Menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pergerakan gajah sumatera di Taman Nasional Way Kambas.
3. Menganalisis kesesuaian habitat gajah sumatera berdasarkan data *tagging* gajah sumatera dari data *GPS Collar* di Taman Nasional Way Kambas.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

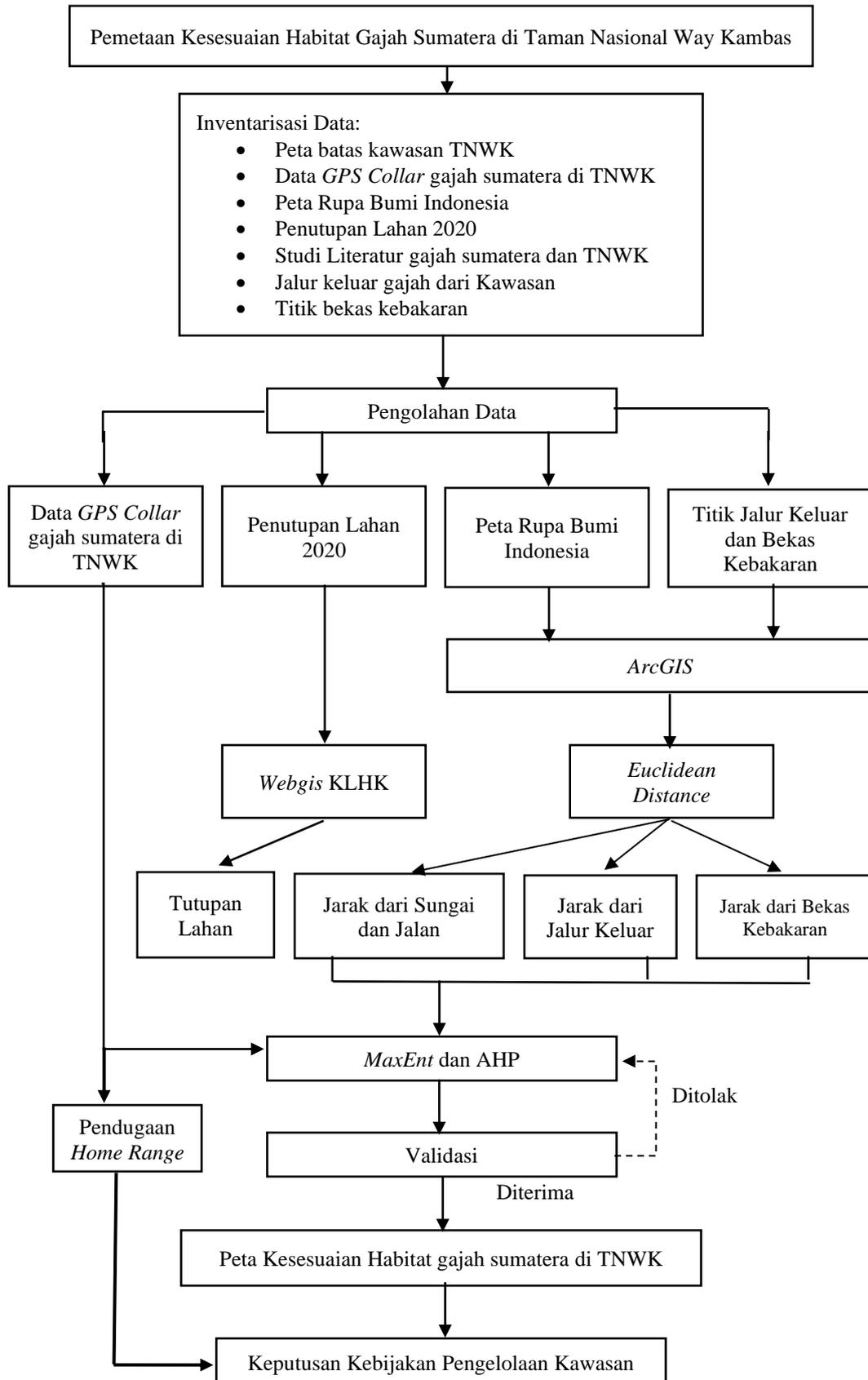
Penelitian mempunyai manfaat berupa data spasial gajah sumatera di TNWK yang dapat ditampilkan melalui *layout* peta. Informasi ini juga dapat digunakan sebagai referensi dan sebagai informasi tambahan serta bahan pertimbangan dalam memilih dan menentukan keputusan kebijakan pengelolaan kawasan TNWK.

### **1.5 Kerangka Pemikiran**

Titik keberadaan gajah sumatera akan dipengaruhi oleh kesesuaian habitatnya. Pergerakan gajah sumatera dapat diketahui dengan melakukan survei ke habitatnya untuk menemukan bekas jejak yang dilalui oleh satwa ini. Selain itu, pergerakan gajah sumatera juga dapat diketahui dengan menggunakan data *GPS Collar*. Pada setiap jam, *GPS Collar* yang dipasangkan pada individu dominan di setiap kelompok gajah sumatera ABCEF (Anita, Bintang, Ceria, Ester, dan Fina) dan individu jantan soliter (Dugul) yang merupakan gajah sumatera di Taman Nasional Way Kambas akan mengirimkan titik koordinat pergerakannya kepada pihak TNWK melalui *Africa Wildlife tracking*. Faktor-faktor seperti kondisi lingkungan tempat tinggal gajah sumatera di habitat aslinya, seperti kondisi tempat berteduh, ketersediaan makanan, akses ke sumber air dan garam, daerah penyebaran

yang dapat dijelajahi, keamanan, serta kondisi kenyamanan yang dapat mempengaruhi pergerakan hewan tersebut.

Penggunaan ruang dan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pergerakan gajah sumatera akan dianalisis sehingga didapatkan parameter habitat berupa tutupan lahan, jarak dari sungai, jarak dari jalan, jarak dari titik bekas kebakaran, dan jarak dari titik jalur keluar gajah. Data spasial yang didapatkan tersebut dan data *GPS Collar* dimodelkan menggunakan *software MaxEnt* dan *Analytical Hierarchy Process* untuk mendapatkan kesesuaian habitat bagi gajah sumatera di TNWK. Pola penggunaan ruang dianalisis menggunakan *ArcGIS* melalui *tools Minimum Bounding Geometry* dan *Kernel Density*. Hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat untuk menentukan keputusan kebijakan pengelolaan habitat di TNWK. Penelitian ini memiliki kerangka pemikiran sesuai dengan Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran penelitian.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 3.1 Gambaran Umum Taman Nasional Way Kambas

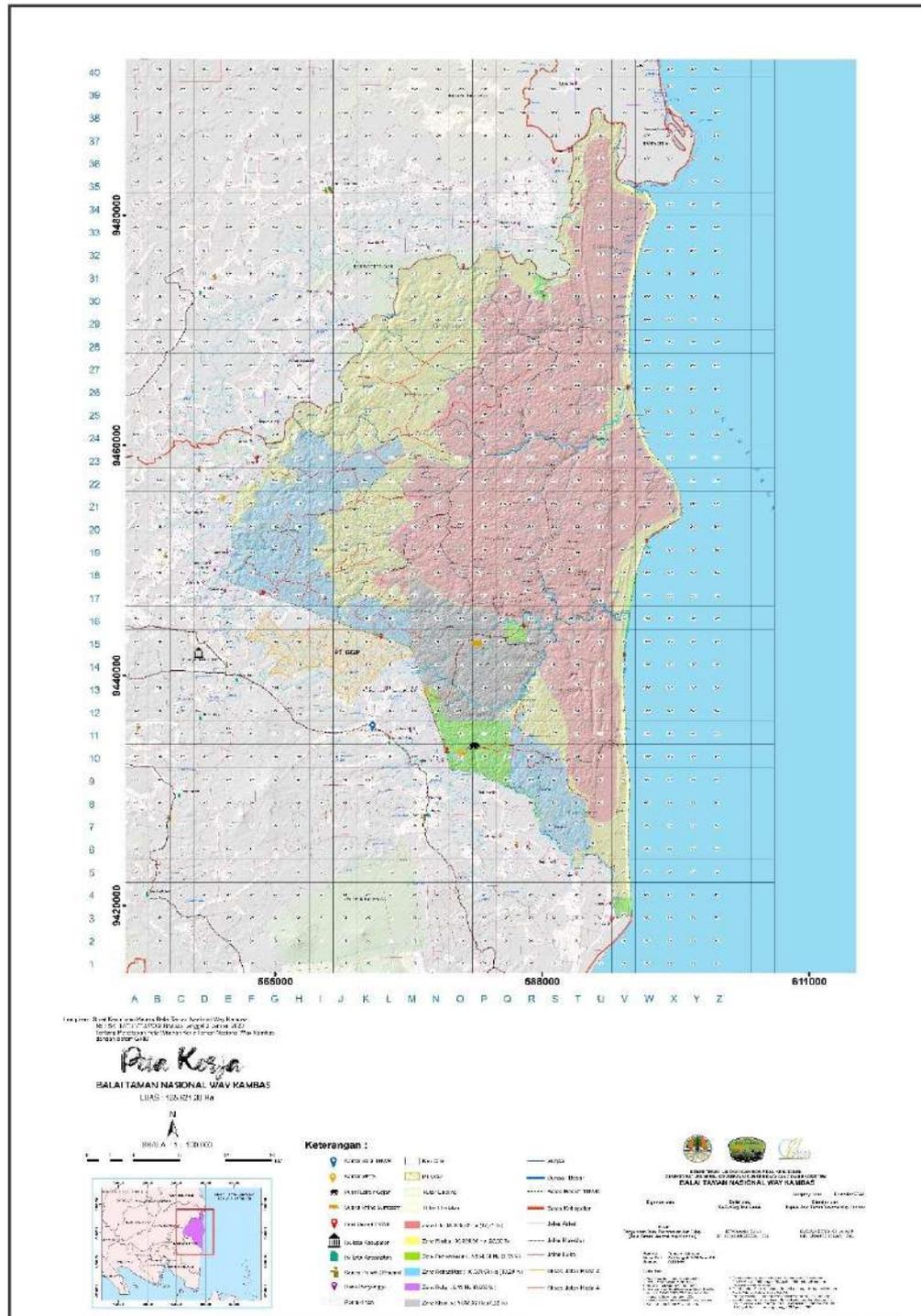
#### 3.1.1 Sejarah Taman Nasional Way Kambas

Taman Nasional Way Kambas merupakan sebuah taman nasional di Provinsi Lampung yang bertujuan untuk melestarikan flora dan fauna di wilayah tersebut. Kawasan ini terletak antara koordinat  $04^{\circ}37'-05^{\circ}16'LS$  dan  $105^{\circ}33'-105^{\circ}54'BT$  dan secara administratif berada di wilayah Kabupaten Lampung Timur setelah pemekaran wilayah di Provinsi Lampung pada tahun 1999. Taman Nasional Way Kambas ditetapkan sebagai kawasan konservasi melalui Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 670/Kpts-II/1999 tanggal 26 Agustus 1999, dengan luas sekitar 125,631.31 ha (Febryano *et al.*, 2020).

Potensi biodiversitas dan ekosistem yang ada di bagian timur Provinsi Lampung menunjukkan bahwa wilayah tersebut sangat penting untuk dikelola dengan baik sebagai kawasan konservasi. Pada tahun 1924, Hutan Way Kambas *Region 9* dan cabang *Region 8* seluas 130.000 ha ditetapkan sebagai hutan lindung atau daerah proteksi. Setelah itu, pada tahun 1936, wilayah hutan ini ditingkatkan statusnya menjadi Kawasan *Wildlife Reserve* atau Taman Nasional oleh Mr. Rock Maker, yang saat itu menjabat sebagai Residen Lampung. Kemudian, penetapan ini dikuatkan melalui Surat Penetapan No. 14 Stdbld 1937 No. 38 tanggal 26 Januari 1937 oleh Pemerintah Hindia Belanda (Febryano *et al.*, 2020).

Pada tahun 1978, status Kawasan Taman Nasional Way Kambas diubah oleh Menteri Pertanian menjadi Kawasan Pelestarian Alam (KPA) melalui Surat Keputusan Nomor 429/KPTS-71/1978 tanggal 10 Juli 1978. Pengelolaan kawasan tersebut dilakukan oleh Sub Balai Kawasan Pelestarian Alam (SBKPA). Penetapan kawasan tersebut sebagai KPA dilakukan untuk melindungi wilayah yang memiliki biodiversitas tinggi dan mendekati kepunahan. Beberapa satwa langka yang

mendekati kepunahan, diantaranya adalah harimau sumatera (*Panthera tigris sumatrae*), badak sumatera (*Dicerohinus sumatranus*), gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*), beruang madu (*Helarctos malayanus*), tapir (*Tapirus indicus*), dan lain sebagainya (Febryano *et al.*, 2020).



Sumber : TNWK 2023

Gambar 2 Peta kerja Balai TNWK 2023.

Pada tahun 1985, Kawasan Pelestarian Alam Way Kambas mengalami perubahan status menjadi Kawasan Konservasi Sumber Daya Alam (KSDA) sesuai dengan Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 177/KPTS-II/1985 tanggal 12 Oktober 1985. Kawasan ini dikelola oleh Sub Balai Konservasi Sumber daya Alam (BKSDA). Kemudian pada tanggal 1 April 1989, melalui Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 444/Menhut-II/1989, Kawasan Konservasi Sumber daya Alam Way Kambas dinyatakan sebagai Kawasan Taman Nasional di Indonesia. Pada saat itu, kawasan tersebut memiliki luas seluas 128.450 ha dan pengumuman ini dilakukan pada Pekan Konservasi Nasional di Kaliurang pada tahun 1989. (Febryano *et al.*, 2020).

Pada tahun 1991, dibentuklah secara resmi Taman Nasional Way Kambas (TNWK) melalui Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 144/KPTS-II/1991 tanggal 13 Maret 1991, yang dikelola oleh Sub Balai Konservasi Sumber daya Alam dan bertanggung jawab kepada Balai Konservasi Sumber daya Alam II Tanjung Karang. Pada tahun 1997, status Sub Balai Konservasi Sumber daya Alam Way Kambas ditingkatkan menjadi Balai TNWK seluas 125.621,3 ha melalui Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 185/KPTS-II/1997 tanggal 31 Maret 1997. Status Taman Nasional Way Kambas diperkuat kembali dengan Surat Keputusan Nomor 670/Kpts-II/1999 tanggal 26 Agustus 1999 yang menetapkan kawasan TNWK seluas 125.621,30 ha (Febryano *et al.*, 2020).

## **3.2 Gajah Sumatera**

### **3.2.1 Klasifikasi**

Menurut Sukumar (1989), terdapat dua jenis gajah di seluruh dunia, yaitu gajah afrika (*Loxodonta africana*) dan gajah asia (*Elephas maximus*). Gajah afrika terdiri dari dua subspecies, yakni gajah hutan (*Loxodonta africana cyclotis*) dan gajah savana (*Loxodonta africana africana*). Sementara itu, gajah asia terdiri dari empat subspecies, yakni gajah srilanka (*Elephas maximus maximus*), gajah india (*Elephas maximus indicus*), gajah kalimantan (*Elephas maximus borneensis*), dan gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*).

Gajah sumatera memiliki 20 pasang rusuk, sedangkan sub spesies lain hanya memiliki 19 pasang rusuk. Secara morfologi, gajah sumatera memiliki ukuran tubuh yang relatif kecil dibandingkan dengan sub spesies lainnya, gading yang lebih

keras, serta telinga yang lebih besar (Ribai *et al.*, 2012). Klasifikasi gajah sumatera adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Chordata
Class	: Mammalia
Ordo	: Proboscidea
Family	: Elephantidae
Genus	: Elephas
Spesies	: <i>Elephas maximus</i>
Sub spesies	: <i>Elephas maximus sumatranus</i> .

Gajah asia (*Elephas maximus*) di Indonesia hanya dapat ditemukan di dua wilayah yaitu Sumatera dengan jenis gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) dan Kalimantan bagian timur dengan jenis gajah kalimantan (*Elephas maximus borneensis*). Gajah sumatera termasuk spesies yang sangat terancam dan terdaftar dalam *red list International Union for Conservation of Nature (IUCN)* dengan status *Critically Endangered*. Selain itu, *Convention on International Trade of Endangered Species* atau Konvensi tentang Perdagangan International Satwa dan Tumbuhan (CITES) juga telah memasukkan gajah sumatera ke dalam kelompok *Appendix I* sejak tahun 1990. Ini menunjukkan bahwa perlindungan dan pelestarian gajah sumatera sangat penting untuk memastikan kelangsungan hidup spesies ini. Sejak tahun 1931, Indonesia telah memutuskan untuk melindungi satwa ini melalui Ordunansi Perlindungan Binatang Liar tahun tersebut, karena populasinya hampir punah dan keberadaannya perlu dijaga dan dijaga dengan baik sesuai dengan undang-undang yang berlaku. Populasi gajah sumatera tumbuh secara alami dipengaruhi oleh angka kelahiran dan kematian. Jumlah kelahiran gajah per tahun dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti rasio jenis kelamin, variabel gajah produktif, persentase kelahiran, rasio ketersediaan hijauan pakan, dan kebutuhan hijauan pakan. (Syarifuddin, 2008).

### **3.2.2 Persebaran dan Populasi Gajah Sumatera**

Gajah sumatera memiliki persebaran yang luas dan terdistribusi pada beberapa wilayah. Satwa ini sering bergerak di berbagai tipe habitat, seperti hutan dataran rendah, hutan rawa gambut, hutan rawa, dan hutan hujan pegunungan

rendah. Populasi gajah sumatera tersebar di beberapa provinsi di Indonesia, termasuk Provinsi Lampung, Bengkulu, Sumatera Selatan, Jambi, Riau, Sumatera Utara, dan Aceh. (Abdullah *et al.*, 2012).

Pada tahun 1980-an, survei gajah sumatera dilakukan dengan menggunakan metode penaksiran secara cepat atau *rapid assessment survey*. Berdasarkan hasil survei tersebut, diperkirakan populasi gajah sumatera mencapai antara 2.800 hingga 4.800 individu yang tersebar di 44 habitat (Blouch dan Simbolon, 1985). Hasil survei ini tidak selalu diperbarui secara berkala, kecuali survei yang dilakukan oleh *Wildlife Conservation Society* (WCS) di Provinsi Lampung pada tahun 2000. Saat ini, hanya dua populasi gajah sumatera yang diketahui jumlahnya berdasarkan survei pada tahun 2000, yaitu populasi gajah sumatera di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan dengan jumlah 498 individu dan Taman Nasional Way Kambas dengan jumlah 180 individu. (Hedges *et al.*, 2005).

### **3.2.3 Habitat Gajah Sumatera**

Habitat adalah tempat yang ditempati oleh organisme untuk hidupnya. Di habitat, satwa melakukan segala aktivitas selama hidupnya, seperti mencari makanan, berkembang biak, dan beristirahat. Menurut Alikodra (1990), habitat terdiri dari komponen fisik, seperti air, udara, iklim, topografi, tanah, ruang, serta komponen biotik, seperti vegetasi, mikrofauna, makrofauna, dan manusia yang saling berinteraksi membentuk habitat yang spesifik.

Kondisi dan kualitas habitat yang tersedia mempengaruhi persebaran, komposisi, dan produktivitas satwa liar (Alikodra, 2010). Kualitas habitat yang baik akan mempengaruhi kondisi hidup satwa liar. Diharapkan bahwa habitat yang berkualitas tinggi akan menghasilkan satwa liar yang juga berkualitas tinggi, sedangkan habitat yang kualitasnya rendah cenderung menghasilkan satwa liar yang kurang sehat. Untuk mendapatkan satwa liar yang berkualitas, perlu dilakukan pengelolaan habitat yang baik. Pengelolaan habitat yang tepat akan meningkatkan kualitas habitat dan pada akhirnya membantu perkembangan populasi gajah. Pengelolaan habitat ini adalah sebuah tindakan praktis yang memadukan faktor fisik dan biotik dari lingkungan untuk mencapai kondisi optimal bagi perkembangan populasi gajah (Mahanani *et al.*, 2012).

Pengelolaan hutan memegang peranan penting dalam menjaga kelestarian satwa liar, sekitar 70% habitat satwa liar berada di kawasan hutan. Dukungan pengelolaan hutan yang baik menjadi kunci dalam mengembangkan kelestarian satwa liar. Kawasan hutan yang dinyatakan sebagai suaka alam, hutan lindung, atau taman nasional sangat berperan dalam menjaga konservasi satwa liar di masa depan. Gajah cenderung memilih habitat datar karena memudahkan satwa ini untuk melihat ke segala arah. (Alikodra, 2010).

Ketersediaan habitat yang optimal merupakan faktor penting yang berdampak pada populasi gajah sumatera dan memenuhi kebutuhan biologisnya. Habitat yang optimal dapat mencegah satwa tersebut meninggalkan habitatnya. Oleh karena itu, pengelolaan habitat gajah sumatera harus dilakukan untuk jangka panjang dengan mempertahankan dan melindungi ketersediaan sumber daya makanan dan ruang yang cukup (Abdullah, 2009). Kawasan taman nasional dan hutan lindung memainkan peran penting dalam konservasi kelestarian satwa liar di masa depan (Alikodra, 2010).

Gajah sumatera menggunakan hutan primer sebagai tempat berlindung dan hutan sekunder sebagai tempat mencari makan sesuai dengan pola harian satwa ini. Ketersediaan pakan dan sumber air dalam kawasan hutan hujan tropis mendukung keberlangsungan habitat gajah sumatera (Abdullah, 2009). Pada saat musim hujan yang merupakan waktu yang sangat menguntungkan bagi gajah sumatera untuk mendapatkan pakan dan air, seringkali terjadi pergerakan satwa ini keluar dari kawasan. Salah satu asumsi yang muncul adalah bahwa gajah sumatera meninggalkan kawasan tersebut karena adanya sumber makanan lain, seperti tanaman pertanian, yang tersedia di luar kawasan tersebut (Zazuli dan Dewi, 2015).

Gajah secara alami memerlukan ruang yang luas untuk mencari makanan dan memenuhi kebutuhan hidupnya. Jika habitat gajah cukup luas, maka pergerakan gajah baik harian maupun musiman akan tetap sesuai dengan jalurnya dan tidak akan masuk ke wilayah budidaya milik masyarakat. Namun, jika habitat rusak gajah akan mencari makanan dan tempat berlindung dengan pergi ke hutan yang lebih luas dan lebih baik (Syarifuddin, 2008).

Beberapa syarat agar gajah sumatera dapat bertahan hidup di alam menurut Shoshani dan Eisenberg (1982) adalah sebagai berikut:

a. Naungan

Gajah sumatera, seekor satwa berdarah panas, akan mencari tempat berlindung atau *thermal cover* ketika terkena paparan cuaca yang panas. Hal ini dilakukan untuk menjaga suhu tubuhnya agar tetap stabil dan sesuai dengan lingkungan sekitarnya. Salah satu tempat yang sering dipilih oleh gajah sumatera untuk beristirahat dan mencari naungan pada siang hari adalah vegetasi hutan yang lebat.

b. Makanan

Ketersediaan hijauan dalam habitatnya sangat penting bagi gajah sumatera yang merupakan hewan herbivora. Gajah juga memerlukan habitat yang mengandung banyak pepohonan sebagai sumber mineral kalsium untuk memperkuat tulang, gigi, dan gading. Karena sistem pencernaan gajah tidak efisien, satwa ini harus makan dalam jumlah besar yaitu sekitar 200-300 kg biomassa per hari untuk setiap gajah dewasa, atau sekitar 5-10% dari berat badan satwa ini.

c. Air

Gajah sumatera memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap air, oleh karena itu satwa ini cenderung mencari sumber air pada waktu sore untuk memenuhi kebutuhan minum, mandi, dan berkubang. Sebuah studi menyatakan bahwa seekor gajah sumatera dewasa membutuhkan antara 20 hingga 50 liter air per hari untuk memenuhi kebutuhan minum satwa ini.

d. Garam

Gajah sumatera membutuhkan mineral seperti kalium, kalsium, dan magnesium, termasuk garam mineral. Untuk mendapat garam mineral tersebut, gajah sumatera memakan tanah yang mengandung garam, menggemburkan tanah keras di tebing dengan kaki depan dan gading, dan mencari makan saat atau setelah hujan.

e. Ruang atau Wilayah Jelajah (*Home Range*)

Gajah adalah mamalia darat terbesar yang masih hidup saat ini, sehingga memerlukan area atau wilayah jelajah yang sangat luas. Ukuran area atau wilayah jelajah gajah Asia bervariasi antara 32,4 hingga 166,9 km<sup>2</sup>.

f. Kenyamanan dan Keamanan

Gajah sumatera memerlukan kondisi lingkungan yang nyaman dan aman agar perilaku perkembangbiakannya tidak terganggu. Karena satwa ini sangat sensitif terhadap suara, lingkungan yang bising dapat mengganggu aktivitas perkembangbiakannya.

### 3.2.4 Perilaku Gajah Sumatera

Gajah memiliki kecenderungan untuk memperlihatkan perilaku makan dengan proporsi yang paling tinggi (43,76%), diikuti dengan perilaku istirahat (26,20%), berkubang (7,53%), pergerakan (15,73%), mengambil garam mineral (1,40%), minum (0,54%), serta perilaku lainnya (4,84%) (Yudarini, 2013). Gajah sumatera termasuk satwa yang sering melakukan interaksi sosial. Satu kelompok gajah sumatera dipimpin oleh induk betina yang terbesar, sementara gajah jantan dewasa kadang-kadang meninggalkan kelompok untuk melakukan perkawinan dengan beberapa gajah betina (Sukumar, 1989). Perilaku lain yang terdapat pada gajah sumatera meliputi perilaku menggosokkan badan pada benda seperti pohon atau batu sebagai cara membersihkan kulitnya. Selain itu, terdapat juga perilaku agresif yang ditunjukkan oleh gajah saat memperebutkan pakan, serta saat dua ekor gajah berusaha mempertahankan wilayahnya dari gajah lain yang mencoba memasukinya (Yudarini *et al.*, 2012).

Gajah sumatera menggunakan belalainya untuk mencium dan mengenali makanan yang ada di sekitarnya. Satwa ini juga menggunakan ujung belalainya untuk mengambil makanan seperti kolonjono dan menggulungnya seperti jari manusia sebelum memasukkannya ke dalam mulut. Dalam waktu satu menit, gajah sumatera dapat mengambil, menggulung, dan memasukkan makanan ke dalam mulutnya sebanyak 3-5 kali. Sebelum dimasukkan ke dalam mulut, kolonjono akan dikibaskan ke kiri dan kanan menggunakan belalainya. Selain untuk makan, gajah juga menggunakan belalainya untuk minum air dengan mengisap air dari kolam dan menyempotkannya ke dalam mulutnya (Aldezia *et al.*, 2016).

Gajah sumatera menggunakan kedua kaki belakang untuk menjaga keseimbangan tubuh saat melakukan perilaku makan. Gajah jantan maupun betina melakukan gerakan kaki belakang ini. Selama makan, gajah selalu mengibaskan ekornya ke kiri dan ke kanan. Gerakan ekor ini juga dilakukan oleh gajah jantan

maupun betina ketika satwa ini merasa aman. Selain itu, saat merasa aman, gajah juga menunjukkan perilaku mengibaskan kedua telinganya ke depan dan ke belakang. Gajah jantan maupun betina dapat melakukan gerakan telinga tersebut (Aldezia *et al.*, 2016).

Beberapa perilaku yang sering terlihat pada gajah adalah perilaku alami dari satwa liar. Amensalisme terjadi ketika gajah memasuki, merusak, dan mengkonsumsi hasil pertanian, serta merusak struktur bangunan masyarakat. Keberadaan gajah ini menyebabkan ketidaknyamanan dan gangguan bagi masyarakat sekitarnya (Utami *et al.*, 2015).

Beberapa persyaratan untuk kondisi habitat yang dibutuhkan untuk keberlangsungan hidup gajah sumatera antara lain adanya pasokan air untuk minum, makan, dan berkubang, serta adanya garam mineral dan vegetasi yang memberikan naungan. Pentingnya garam mineral dalam pencernaan dan metabolisme gajah tidak dapat diabaikan. Garam mineral yang diperlukan oleh gajah termasuk kalium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg). Gajah sumatera biasanya melakukan perilaku mengambil garam dengan menggemburkan tanah menggunakan gading dan mulutnya (Aldezia *et al.*, 2016).

Mengambil sumber garam dari kulit dan akar pohon, lumpur dari bantaran sungai, tebing di hutan primer, hutan sekunder, dan padang rumput juga menjadi pilihan selain dengan menggemburkan tanah. Perilaku menggaram dilakukan dengan cara mengambil sumber garam dengan belalai dan memasukkannya ke dalam mulut (Resphaty *et al.*, 2015). Gajah sumatera membutuhkan garam mineral agar dapat mempertahankan kesehatan tulang, gigi, dan gadingnya serta menjaga sistem kekebalan tubuhnya. Adanya wilayah yang disebut *salt lick*, yaitu wilayah di mana gajah dapat mengambil garam mineral, sangat mempengaruhi kesejahteraan satwa ini tergantung pada ketersediaan dan aksesibilitasnya dalam wilayah eksplorasinya (Ribai *et al.*, 2012).

Gajah memiliki kebutuhan makanan yang besar sejalan dengan ukuran tubuhnya, sehingga menjadi hewan yang sangat rakus dalam mengkonsumsi makanan. Meskipun tidak semua makanan habis dimakan, tetapi seringkali dikibaskan ke atas punggung untuk menghindari serangga yang disebut pita yang dapat menyedot darah. Selain itu, kandungan nutrisi dan zat yang terkandung dalam

makanan juga berbeda-beda. Rumput paitan memiliki manfaat sebagai obat cacing untuk gajah dan secara alami, gajah akan memakan rumput paitan ketika mengalami gangguan pada sistem pencernaannya (Mahanani *et al.*, 2012).

Gajah sumatera adalah hewan herbivora yang bergantung pada tumbuhan sebagai sumber makanannya. Jenis-jenis makanan gajah diantaranya daun, rumput-rumputan, akar, liana, rotan muda, bambu, pisang-pisangan, pakis dan nibung. Gajah sumatera mempunyai preferensi terhadap makanan yang tumbuh di hutan, termasuk tumbuhan herba, semak belukar yang masih muda, kulit kayu yang baru tumbuh, dan berbagai jenis pohon dengan serat halus (Suhada *et al.*, 2016). Syarifuddin (2008) menyatakan bahwa di kawasan Kerinci Seblat, terdapat 58 jenis sumber makanan yang dapat dikonsumsi oleh gajah. Tumbuhan yang paling disukai oleh gajah seperti *Imperata cylindrical*, *Colocasia gigantea*, *Ichnanthus vicinus*, dan *Cynodon dactylon*.

Ketika gajah mandi di sungai, satwa ini minum air dengan mulutnya. Namun, ketika berada di rawa atau sungai yang dangkal, gajah akan menghisap air dengan belalainya dan kemudian memasukkannya ke dalam mulut. Kapasitas belalai gajah untuk menghisap air dapat mencapai 9 liter dalam sekali hisap. Selama minum, gajah mengambil air dari kolam menggunakan belalainya dan kemudian menyemprotkannya ke dalam mulutnya (Aldezia *et al.*, 2016).

Gajah sumatera membutuhkan air untuk menghilangkan rasa haus. Satwa ini dapat melakukan perjalanan hingga 50 km tanpa beristirahat dan bertahan selama 3 hari tanpa air. Dalam kondisi tersebut, tubuh gajah sumatera yang telah diciptakan secara sempurna oleh Tuhan dapat memenuhi kebutuhan hidrasi untuk bertahan hidup di lingkungannya dengan cermat (Suhada *et al.*, 2016).

### **3.3 Wilayah Jelajah Gajah Sumatera**

Wilayah jelajah gajah sumatera yang sangat luas dan beragam merupakan hasil dari ukuran tubuhnya yang besar sebagai mamalia darat terbesar. Gajah memiliki jalur pergerakan yang konsisten dan wilayah pergerakannya disebut sebagai *home range* atau wilayah jelajah. Meskipun lingkungannya berubah, wilayah jelajah gajah sumatera tetap sama dan tidak berubah. (Jogasara *et al.*, 2012).

Meskipun wilayah jelajah atau home range gajah sumatera terhalangi oleh pemukiman, lokasi transmigrasi, kawasan perkebunan dan pertanian, pergerakan gajah akan tetap terjadi secara berulang-ulang setiap periode tertentu. Jarak tempuh jelajah gajah bisa mencapai 7 km dalam semalam dan bahkan bisa mencapai 15 km dalam sehari saat musim kemarau atau musim buah-buahan di hutan. Kecepatan gajah sumatera dalam berjalan dan berlari di hutan atau di rawa melebihi kecepatan manusia dalam jarak pendek. Selain itu, gajah sumatera juga menggunakan belalainya sebagai "snorkel" atau pipa pernapasan untuk menyebrangi sungai yang dalam.

*Home range* gajah berkisar pada luasan 680 ha/tahun per individu, terutama pada kelompok gajah betina. Satu faktor yang mempengaruhi luas *home range* gajah adalah ukuran tubuhnya yang besar dan jumlah anggota kelompok yang signifikan (Mahanani *et al.*, 2012). Pergerakan gajah sumatera dalam kelompoknya di dalam hutan dapat berbeda-beda dalam ukuran *home range* yang dimilikinya. Namun, daerah yang paling sering dijelajahi oleh gajah adalah hutan rawa sekunder, hutan lahan kering sekunder, dan semak/belukar. Gajah cenderung menghabiskan waktu lebih banyak di area yang memiliki tutupan lahan yang lebih rapat (Sabri dan Gunawan, 2014).

### **3.4 Sejarah Pengelolaan Gajah Sumatera di Taman Nasional Way Kambas**

Pengelolaan gajah sumatera memiliki sejarah yang cukup panjang. Sejak tahun 1970, Indonesia menerapkan konsep pengelolaan gajah berupa tata liman, bina liman, dan guna liman. Tata liman merupakan suatu kegiatan penataan populasi gajah yang terfragmentasi akibat pembangunan dengan cara melakukan pemindahan lokasi dari areal pembangunan ke dalam kawasan habitat gajah. Setelah melakukan tata liman, dilakukan konsep bina liman untuk meningkatkan kemampuan gajah yang tidak hanya sebagai satwa perusak, namun sebagai satwa yang bermanfaat. Selanjutnya konsep guna liman berupa upaya pemanfaatan gajah dalam membantu konservasi gajah dan masyarakat sekitar (Suhartono *et al.*, 2007).

Pada tahun 1980-an Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam (PHPA) melakukan penangkapan gajah liar untuk mengatasi konflik antara gajah dan manusia. Pada tahun 1986 hingga 1995, kurang lebih sudah 520 ekor gajah telah dilakukan penataan (tata liman). Gajah yang ditangkap dipindahkan ke

enam pusat latihan gajah di Sumatera, salah satunya PLG di Taman Nasional Way Kambas (Suhartono *et al.*, 2007).

### **3.5 Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System***

#### **3.5.1 Konsep Dasar dan Definisi SIG**

Menurut Prahasta (2001) menyatakan bahwa sejak pertengahan tahun 1970-an, telah dikembangkan sistem khusus untuk menangani masalah informasi georeferensi dalam berbagai bentuk dan cara. Sistem ini dikenal sebagai Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS) yang merupakan hasil dari kombinasi antara sistem komputer desain (*Computer Aided Design/CAD*) atau sistem komputer untuk kartografi (*Computer Aided Cartography/CAC*) dengan teknologi database. SIG diakui secara luas dalam literatur sebagai solusi untuk masalah informasi georeferensi. Masalah-masalah ini mencakup:

- a. Pengorganisasian informasi dan data.
- b. Menempatkan data pada suatu tempat.
- c. Melakukan perhitungan, memberikan gambaran tentang hubungan timbal balik antara elemen, dan melakukan analisis spasial lainnya.

#### **3.5.2 Sub-sistem SIG**

Berdasarkan definisi yang telah berkembang, *Geographic Information System* (GIS) telah terbagi menjadi beberapa sub-sistem, yaitu:

##### *a. Data Input*

Sub-sistem ini memiliki tugas untuk menghimpun dan menyiapkan data spasial dan atribut dari berbagai sumber data. Tugas lain dari sub-sistem ini adalah untuk mengonversi atau mentransformasikan format data asli menjadi format yang dapat digunakan oleh SIG.

##### *b. Data Output*

Sub-sistem ini bertanggung jawab untuk menghasilkan atau menampilkan *output database* dalam bentuk *hardcopy* atau *softcopy* seperti grafik, tabel, dan peta.

##### *c. Data Management*

Sub-sistem ini mengelola data spasial dan atribut agar mudah dipanggil, diperbarui, dan diedit.

#### d. *Data Manipulation dan Analysis*

Sub-sistem ini mendefinisikan informasi yang dapat dihasilkan oleh *Geographic Information System* dan memanipulasi serta memodelkan data untuk menghasilkan informasi yang diinginkan (Prahasta, 2001).

### 2.4.2 Pengaplikasian Sistem Informasi Geografis

Prahasta (2001) menyebutkan bahwa terdapat beberapa contoh penggunaan Sistem Informasi Geografis, antara lain untuk melakukan inventarisasi sumber daya alam, mengevaluasi kesesuaian lahan untuk kegiatan pertanian, perkebunan, dan kehutanan, melakukan perencanaan tata guna lahan, melakukan analisis terhadap daerah yang rawan terkena bencana alam, mengevaluasi kesesuaian lahan, dan melakukan manajemen pada kawasan perlindungan flora dan fauna yang dilindungi.

Berdasarkan informasi di atas, terdapat beberapa fungsi penting yang dapat dilakukan oleh *Geographic Information System* (GIS), salah satunya adalah pengelolaan kawasan flora dan fauna yang dilindungi. Dengan melakukan pemetaan kesesuaian habitat, pengelola kawasan dapat melakukan optimalisasi pengelolaan habitat satwa liar. Selain itu, SIG juga memiliki kemampuan untuk mengintegrasikan data spasial dan atribut, sehingga dapat menghasilkan output berupa peta dan analisis spasial yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan. Beberapa kemampuan analisis SIG antara lain operasi *overlay*, klasifikasi lahan, konektivitas, dan operasi *neighbourhood* yang dapat dilakukan secara otomatis oleh sistem komputer (Elly, 2009).

### 3.6 Data Raster dan Data Vektor

Faisol dan Indarto (2012) menjelaskan bahwa data raster dan data vektor adalah dua model data dalam sistem informasi geografis. Data raster digunakan untuk merepresentasikan fenomena di atas permukaan bumi dengan menggunakan grid piksel yang seragam. Sementara itu, data vektor digunakan untuk merepresentasikan fitur geografis dengan menggunakan titik, garis, dan poligon.

Kedua jenis data ini dapat diolah dan dimanipulasi dalam sistem informasi geografis dengan bantuan software tertentu. Data raster dan vektor dapat berfungsi sebagai input atau output dalam proses pengolahan data spasial pada aplikasi sistem

informasi geografis. Agar dapat dimanfaatkan secara efektif, kedua jenis data ini harus dilengkapi dengan atribut yang relevan yang memudahkan penggunaan data dalam sistem informasi geografis.

### **3.7 Software ArcGIS**

Menurut Indraswati *et al.* (2018), *ArcGIS* adalah perangkat lunak GIS yang terdiri dari beberapa fungsi dari berbagai *software GIS* seperti *GIS desktop*, *server*, dan *GIS* berbasis web. *ESRI* pertama kali merilis *ArcGIS* pada tahun 2000. Perangkat lunak ini tidak hanya digunakan untuk pembuatan peta, tetapi juga dapat digunakan untuk analisis, pemodelan, dan pengelolaan data spasial. *ArcGIS* merupakan gabungan dari dua *software ESRI* sebelumnya, yaitu *ArcView GIS 3.3* dan *Arc/INFO workstation 7.2*. *ArcGIS* memiliki dua versi, yaitu *ArcGIS Server* (untuk GIS berbasis web dan tertanam pada komputer/*server software*) dan *ArcGIS Desktop* (untuk komputer biasa/*PC/Laptop based*). Dalam penggunaan sehari-hari, *ArcGIS* sering disebut sebagai *ArcGIS Desktop*, yang terdiri dari lima aplikasi dasar: *Arc Map*, *Arc Toolbox*, *Arc Catalog*, *Arc Globe*, dan *Arc Scene*.

### **3.8 GPS Collar pada gajah**

*GPS collar* merupakan salah satu tehnik dalam melihat atau memantau tentang pergerakan gajah dan perilaku dari populasi gajah tersebut di habitatnya terkini. Manfaat dari penggunaan *GPS Collar* adalah sebagai berikut (Sukmantoro *et al.*, 2009):

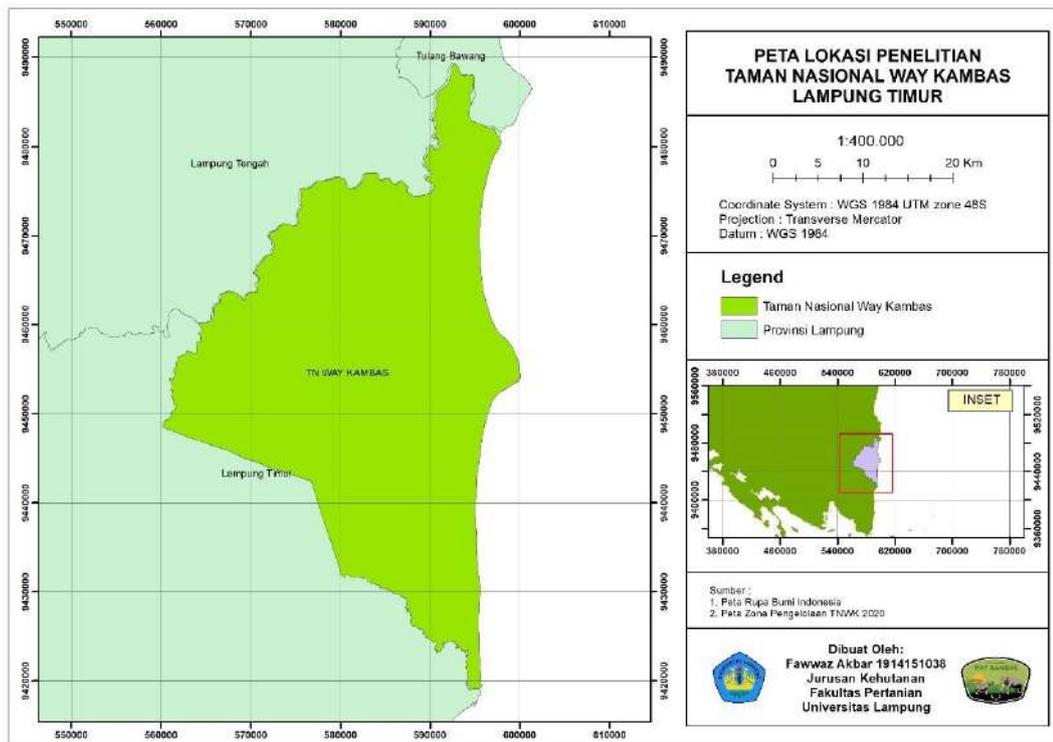
- a. Sebagai bagian dalam memantau populasi gajah sumatera di alam dan melihat pola pergerakan dan perilaku hariannya, sehingga informasi ini berguna dalam mengembangkan upaya pengelolaan populasi dan habitat gajah sumatera di alam dan pemetaan dari wilayah pergerakan gajah dan menentukan kantong gajah.
- b. Sebagai upaya memetakan periode pergerakan gajah dan lokasi-lokasi pergerakan gajah terutama di lahan-lahan masyarakat. Pemetaan ini berguna untuk mengembangkan pengelolaan konflik gajah-manusia dan menentukan strategi mitigasi konfliknya.
- c. Sebagai bagian dalam menentukan cakupan ekosistem gajah sumatera di alam untuk strategi pembangunan.

Menurut Sukmantoro *et al.* (2009), dalam konteks pengelolaan konservasi, penggunaan *GPS Collar* sangat penting sebagai bagian dalam mengembangkan konsep pengelolaan berbasis data spasial dalam hal ini yaitu habitat. Mengingat skala masalahnya, biaya penggunaan kalung *GPS Collar* sebagai mitigasi konflik akan menyulitkan secara ekonomi. Namun, jika digunakan dalam studi yang tepat, kalung tersebut akan memberikan data dasar tentang pergerakan gajah dan respon satwa ini terhadap aktivitas manusia yang akan sangat berguna untuk mengembangkan strategi pengelolaan (Riddle. 2008). *GPS Collar* dapat digunakan untuk memilih dan menentukan mitigasi konflik serta menentukan strategi pengelolaan habitat satwa. Alfred *et al.* (2006) menyatakan bahwa tujuan penggunaan *GPS Collar* bagi gajah terutama gajah sumatera (Asia) maupun gajah afrika memiliki kesamaan terutama dalam memantau *home range area*, mengidentifikasi habitat tempat gajah melakukan kegiatan jelajahnya, dan untuk menganalisis konflik gajah dan manusia. Menurut Wong *et al.* (2018), Titik keberadaan gajah dapat menentukan variabel lingkungan yang berpengaruh.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2022 sampai dengan Januari 2023. Pengambilan data berlokasi di Kawasan Taman Nasional Way Kambas, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung (Gambar 3).



Gambar 3. Peta lokasi penelitian TNWK.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *software ArcGIS*, *software MaxEnt*, *Software Expert Choice*, *GPS Collar*, laptop atau *personal computer*, kamera digital, dan *software* pendukung lainnya seperti *Microsoft Office*. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuisisioner, peta batas

kawasan TNWK, Peta Rupa Bumi Indonesia, penutupan lahan 2020, data titik bekas kebakaran, data titik jalur keluar gajah, dan data titik gajah sumatera dengan *GPS Collar* di TNWK. Data titik lokasi keberadaan (*tagging*) gajah sumatera yang diperoleh dari pihak Taman Nasional Way Kambas menggunakan *GPS Collar* yang dipasangkan pada individu dominan di setiap kelompok gajah Anita, Bintang, Ceria, Ester, dan Fina (ABCEF) serta individu jantan soliter bernama Dugul (D) dari tahun 2020 hingga 2022.

### 3.3 Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan cara mewawancarai para ahli menggunakan kuisioner. Data sekunder yang dikumpulkan merupakan data spasial berupa peta batas kawasan TNWK, Penutupan Lahan 2020, Peta Rupa Bumi Indonesia, titik bekas kebakaran, dan titik jalur keluar gajah, data *GPS Collar* berupa titik lokasi keberadaan (*tagging*) gajah sumatera di TNWK, serta data pendukung lainnya. Data-data tersebut dibutuhkan berdasarkan syarat atau daya dukung habitat gajah sumatera yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat habitat gajah sumatera dan jenis data yang dibutuhkan

Syarat Habitat Gajah Sumatera	Jenis Data yang Dibutuhkan
Naungan	a. Tutupan Lahan
Makanan	a. Tutupan Lahan b. Bekas Kebakaran
Air	a. Sungai atau Sumber Air
Garam	a. Tutupan Lahan b. Sungai atau Sumber Air
Wilayah Jelajah	a. Tutupan Lahan b. Sungai atau Sumber Air
Kenyamanan dan Keamanan	a. Tutupan Lahan b. Jarak dari Jalan c. Bekas Kebakaran d. Jarak dari jalur keluar gajah

### 3.4 Metode

#### 3.4.1 Inventarisasi Data

Data titik lokasi keberadaan (*tagging*) gajah sumatera di TNWK digunakan sebagai data parameter spesies yang didapatkan dari pihak TNWK. Peta batas kawasan TNWK digunakan untuk menentukan batas wilayah taman nasional yang didapatkan dari pihak TNWK. Data Peta Rupa Bumi Indonesia menggunakan data

*polyline* sungai dan jalan yang diolah dengan *Euclidean distance* dengan *software ArcGIS* didapatkan dari [tanahair.indonesia.go.id](http://tanahair.indonesia.go.id). Data Penutupan lahan didapatkan dari *webgis* KLHK dan diolah untuk membuat peta tutupan lahan TNWK. Data titik bekas kebakaran, data titik jalur keluar gajah didapatkan dari pihak TNWK. Pendapat para ahli mengenai habitat gajah sumatera didapatkan dengan kuisioner yang menghasilkan perbandingan-perbandingan pilihan. Jenis dan sumber data disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Jenis dan sumber data yang dikumpulkan

No.	Jenis Data	Sumber
1.	Data titik lokasi keberadaan ( <i>tagging</i> ) gajah sumatera di TNWK	Pihak TNWK
2.	Peta Batas Kawasan TNWK	Pihak TNWK
3.	Peta Rupa Bumi Indonesia	<a href="http://tanahair.indonesia.go.id">tanahair.indonesia.go.id</a>
4.	Titik Bekas Kebakaran	Pihak TNWK
5.	Titik Jalur keluar Gajah	Pihak TNWK
6.	Pendapat Para Ahli	Kuisioner
7.	Penutupan Lahan	<i>Webgis</i> KLHK

### 3.4.2 Pengolahan Data

Data Titik Lokasi Keberadaan (*Tagging*) gajah sumatera di TNWK didapatkan dari pihak TNWK diolah menggunakan *software ArcGIS* untuk menghasilkan data titik koordinat berbentuk *Shapefile* (.shp). Data tersebut dikonversi ke dalam bentuk *Comma-Separated Values* (CSV) sebagai input dalam *software MaxEnt*. 50% data titik lokasi keberadaan (*tagging*) gajah sumatera di TNWK digunakan sebagai data model dan 50% lainnya digunakan untuk validasi akurasi model. Penutupan lahan 2020 diolah menggunakan untuk didapatkan peta tutupan lahan TNWK dan area analisis. Peta tutupan lahan diklasifikasikan berdasarkan dengan Peraturan Direktur Jenderal Planologi Kehutanan Nomor P.1/VII-IPSDH/2015 tentang Pedoman Pemantauan Penutupan Lahan.

Peta Rupa Bumi Indonesia digunakan untuk mendapatkan peta persebaran sungai di TNWK. Data persebaran sungai, jalan, titik bekas kebakaran dan titik jalur keluar gajah dianalisis dengan *Euclidean Distance* digunakan sebagai data jarak dari sumber air, jarak dari jalan, jarak dari bekas kebakaran dan jarak dari jalur keluar gajah.

Pengolahan data hasil inventaris menghasilkan parameter yang digunakan dalam penelitian ini meliputi parameter spesies gajah sumatera, jarak dari sumber

air, jarak dari jalan, jarak dari bekas kebakaran, jarak dari jalur keluar gajah, tutupan lahan, dilakukan *resample* resolusi yang sama. Selanjutnya semua parameter dimasukkan ke dalam *software MaxEnt* dan metode AHP untuk diolah menjadi data kesesuaian habitat gajah sumatera di TNWK.

Dalam mengolah data informasi dari parah ahli mengenai habitat gajah sumatera digunakan AHP (Analytic Hierarchy Process) dengan *software* yang digunakan adalah *expert choice* dengan metode matrik perbandingan berpasangan (Dermawan, 2009).

### 3.4.3 Pendugaan Daerah Jelajah Gajah Sumatera di TNWK

*GPS Collar* yang dikalungkan pada gajah sumatera di Taman Nasional Way Kambas. Kelompok gajah sumatera Anita, Bintang, Ceria, Ester, dan Fina serta individu jantan soliter Dugul dipasang *GPS Collar* untuk mengamati dan memantau pola pergerakannya (Gambar 2). Gajah sumatera tersebut dibius menggunakan senapan bius lalu dipasang *GPS Collar*. Pelacak *GPS Collar* dikonfigurasi untuk memperoleh satu data koordinat setiap tiga jam. Data koordinat GPS diperoleh dalam format geografis dan direproyeksikan ke dalam sistem *Universal Transverse Mercator (UTM) WGS-84 Zone 48S* menggunakan *ArcGIS*. Sebelum analisis, data koordinat GPS diperiksa untuk memastikan tidak adanya ketidakteraturan posisi, termasuk memeriksa apakah data koordinat GPS berada dalam lokasi yang dapat diterima di dalam dan sekitar area penelitian (Bjørneraas *et al.*, 2010). Dataset yang memiliki kesalahan GPS seperti koordinat yang hilang dihapus dari dataset sebelum analisis.

Daerah jelajah gajah dihitung menggunakan metode *Minimum Convex Polygon (MCP) 100%*. *Kernel density Estimation* juga digunakan dalam penelitian ini untuk menduga daerah jelajah berdasarkan ruang penggunaan 95% dan 50% untuk menduga daerah jelajah inti atau prioritas (Sukmantoro *et al.*, 2021). Penelitian ini tidak membuat perbandingan dalam periode musim karena tidak signifikan memberikan pengaruh terhadap pergerakan gajah sumatera (Sukmantoro *et al.*, 2013).

Analisis daerah jelajah gajah menggunakan MCP dilakukan dalam *ArcGIS* melalui *toolbox Minimum Bounding Geometry* dengan *Geometry Type* yaitu *Convex Hull*. Daerah jelajah menggunakan *Kernel Density* dilakukan melalui

analisis *toolbox Kernel Density*. Hasil analisis *Kernel Density* digunakan sebagai *input raster* dalam *extract values to points* data *GPS Collar* untuk didapatkan *raster value* masing-masing titik. *Analysis contour* dilakukan untuk menentukan garis daerah jelajah dengan *input* adalah hasil *kernel density* dan *interval contour* adalah 50% dan 95% *raster value*. Selanjutnya dihitung luas daerah jelajah dengan *Calculate Geometry* untuk membandingkan luas setiap kelompok Anita, Bintang, Ceria, Ester, dan Fina serta individu jantan soliter Dugul.

Data *GPS Collar* selanjutnya dilakukan identifikasi menggunakan *tools intersect* dalam ArcGIS di setiap *core range* hasil kernel density 50%. Identifikasi ini menghasilkan informasi intensitas keberadaan kelompok gajah pada periode waktu tertentu di dalam *core range*.

#### **3.4.4 Pemodelan *MaxEnt* Kesesuaian Habitat Gajah Sumatera di TNWK**

Kondisi habitat yang mampu menjadi daya dukung suatu satwa liar disebut habitat yang sesuai (*suitable*) (Juntti dan Rumble, 2006). Kesesuaian habitat bagi suatu satwa liar berhubungan dengan faktor spasial yang mencakup bentuk dan ukuran spasial dalam suatu lansekap (Jokimäki dan Huhta, 1996). Pemodelan kesesuaian habitat banyak digunakan secara umum untuk mengidentifikasi faktor lingkungan yang mendukung keberadaan satwa liar di suatu wilayah. Contoh penerapan SIG dalam kajian satwa liar untuk pemodelan kesesuaian habitat yaitu melalui *software ArcGIS* dan *Maximum Entropi (MaxEnt)*. Penerapan *MaxEnt* dapat memperkirakan kemungkinan target distribusi satwa liar dengan menemukan distribusi kemungkinan dari maksimal entropi. Model ini secara umum menganalisis melalui pendekatan metode *multivariate analysis* yang menggunakan sebaran titik suatu satwa liar berdasarkan faktor lingkungan penentu seperti elevasi dan potensi vegetasi (Philips *et al.*, 2016).

Proses pengolahan data untuk mendapatkan kesesuaian habitat dilakukan dalam *software MaxEnt* dengan memasukkan data titik lokasi keberadaan (*tagging*) gajah sumatera di TNWK dengan format CSV dan data parameter lingkungan berupa tutupan lahan, jarak dari sungai, jarak dari jalan, jarak dari lokasi bekas kebakaran, dan jarak dari jalur keluar gajah dengan format ASCII (*asc*). Seluruh data variabel lingkungan tergolong tipe data *continues* kecuali variabel tutupan

lahan yang tergolong tipe data *categorical*. Menurut (Coban *et al.*, 2020), klasifikasi kesesuaian habitat dibagi dengan ambang batas sebagai berikut:

Tabel 3. Kelas kesesuaian habitat berdasarkan nilai *MaxEnt*

Nilai <i>MaxEnt</i>	Nilai Kesesuaian
0-0,33	Tidak Sesuai
0,33-0,66	Sesuai
0,66-1	Sangat Sesuai

Sumber: Coban *et al.*, (2020).

### 3.4.5 Validasi Model *MaxEnt* Kesesuaian Habitat Gajah Sumatera di TNWK

Model kesesuaian habitat gajah sumatera di TNWK dibuat dengan menggunakan *software MaxEnt* yang mengolah data input spesies dan data parameter lingkungan. Perlu dilakukan Validasi kesesuaian habitat yang dilihat berdasarkan nilai *Area Under Curve* (AUC) dari kurva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) untuk mengidentifikasi akurasi prediksi model kesesuaian habitat. Menurut Araújo *et al.* (2005), penggunaan nilai *AUC test* yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Tingkat akurasi model kesesuaian habitat berdasarkan nilai AUC

Nilai AUC	Akurasi Model
0,60-0,70	Buruk
0,70-0,80	Cukup Baik
0,80-0,90	Baik
>0,90	Sangat Baik

Sumber: Araújo *et al.*, (2005).

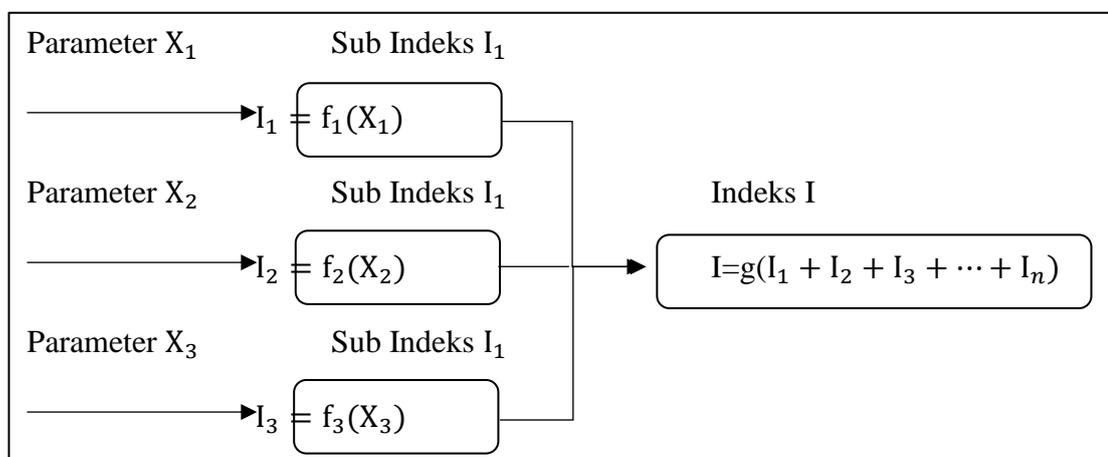
Penjabaran hasil analisis dari *software MaxEnt* menggunakan analisis deskriptif yang berupa data titik lokasi keberadaan (*tagging*) *GPS Collar* gajah sumatera di TNWK dan kaitannya dengan faktor lingkungan. Analisis deskriptif dibutuhkan untuk menginterpretasikan hasil yang diperoleh dari *software MaxEnt*.

### 3.4.6 Pemodelan Kesesuaian Habitat Gajah Sumatera di TNWK

#### menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Pemodelan kesesuaian habitat gajah sumatera di TNWK menggunakan *MaxEnt* dapat dibandingkan dengan pemodelan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk memberikan beberapa pertimbangan dalam memilih atau menentukan model kesesuaian habitat gajah sumatera. Menurut

Pramana (2020), Parameter dan indeks kesesuaian habitat dapat ditampilkan seperti pada Gambar 4.



Keterangan : (Diadopsi dari Indeks Mutu Lingkungan) (Ott, 1978).

Gambar 4. Proses penetapan indeks kesesuaian habitat.

Menurut Ott (1978), indeks kesesuaian habitat dapat dikembangkan dengan variabel berikut:

- Melakukan studi literatur dari hasil penelitian berbagai habitat dan melakukan wawancara dengan peneliti, ahli, atau pakar untuk memperoleh informasi mengenai parameter habitat.
- Melakukan pengambilan data dengan melakukan survei lapangan.
- Melakukan penilaian terhadap parameter di lapangan dengan menggunakan tabel yang telah disusun sebelumnya.
- Membuat model kesesuaian habitat dengan menggunakan persamaan indeks yang terbentuk dari beberapa sub-indeks variabel habitat.

Parameter lingkungan kesesuaian habitat yang digunakan berdasarkan kriteria tutupan lahan, jarak dari sungai, jarak dari jalan, jarak dari bekas kebakaran, dan jarak dari jalur keluar gajah. Masing-masing kriteria memiliki subkriteria yang dinotasikan dengan angka 1,2,3,4, dan 5 untuk selanjutnya dianalisis menggunakan *software expert choice* berdasarkan hasil wawancara dengan para ahli. Kriteria dan subkriteria dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter kesesuaian habitat gajah sumatera.

No	Parameter	Kesesuaian Habitat Gajah				
		1	2	3	4	5
1.	Tutupan Lahan	Hutan Lahan Kering Sekunder	Hutan Rawa Sekunder	Semak Belukar Rawa	Hutan Mangrove	Rawa
2.	Jarak ke Sumber Air	<500m	500-1.000m	1.000-2.000m	2.000-3.000m	>3.000m
3.	Jarak dari Jalan	>3.000 m	2.000-3.000 m	1.000-2.000 m	500-1.000 m	0-500 m
6.	Jarak dari Bekas Kebakaran	<500m	500-1.000m	1.000-2.000m	2.000-3.000m	>3.000m
5.	Jarak dari Jalur Keluar gajah	>3.000 m	2.000-3.000 m	1.000-2.000 m	500-1.000 m	0-500 m

Parameter kesesuaian habitat gajah sumatera secara ringkas disajikan ke dalam Tabel 5 yang didapatkan melalui studi literatur dan selanjutnya dapat dirumuskan sebagai berikut (Pramana, 2020):

$$I_{KHG} = \sum_{i=1}^n I_i w_i = I_T w_T + I_A w_A + I_J w_J + I_B w_B + I_K w_K$$

Keterangan

$I_{KHG}$  = Indeks Kesesuaian Habitat Gajah

$I_i$  = Indkes faktor ke- $i$

$w_i$  = Bobot masing-masing parameter

$I_T$  = Indeks Tutupan Lahan

$I_A$  = Indeks Jarak dari Sumber Air

$I_J$  = Indeks Jarak dari Jalan

$I_B$  = Indeks Jarak dari Bekas Kebakaran

$I_K$  = Indeks Jarak dari Jalur Keluar gajah

Parameter kesesuaian habitat gajah sumatera diberikan *score* yang berdasarkan pada pentingnya parameter tersebut untuk keberlangsungan hidup gajah sumatera. Pembobotan ini diberikan oleh para ahli melalui hasil kuesioner metode AHP untuk penentuan kelas kesesuaian habitat gajah sumatera yang akan digunakan peneliti dapat dilihat dalam Tabel 6. Penentuan interval kelas kesesuaian habitat dirumuskan sebagai berikut (Alikodra, 1990):

$$I = \frac{X2 - X1}{K}$$

Keterangan:

$I$  = Interval Kelas

$X2$  = Nilai Tertinggi

$X1$  = Nilai Terendah

K = Jumlah Kelas

Pemodelan kesesuaian habitat gajah sumatera perlu dilakukan validasi menggunakan data titik lokasi keberadaan (*tagging*) gajah sumatera di TNWK yang ditemukan pada masing-masing kelas kesesuaian habitat. Model dapat digunakan dengan persentase hasil validasi. Model akan semakin baik apabila persentase pada kelas sangat sesuai dan sesuai mendekati 100%.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Penelitian ini memiliki simpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan ruang gajah sumatera di Taman Nasional Way Kambas memiliki pola yang berbeda di setiap kelompok. Luas daerah jelajah gajah sumatera di Taman Nasional Way Kambas paling kecil adalah kelompok Anita seluas 30,646.48 ha (MCP) dan 13,371.03 ha (*Kernel Density 95%*). Daerah jelajah terluas dimiliki Dugul seluas 122,556.63 ha (MCP), serta kelompok Ester 106,581.11 ha (MCP) dan 52,646.57 ha (*Kernel Density 95%*). Penutupan lahan dalam daerah jelajah gajah sumatera ABCDEF paling luas terdapat semak belukar rawa. Dugul memiliki *core range* yang didominasi hutan lahan kering sekunder, sedangkan ABCEF didominasi semak belukar rawa. Kelompok gajah sumatera AB dan EF berada pada *core range* yang sama dalam beberapa periode waktu tertentu.
2. Parameter lingkungan yang berkontribusi paling besar untuk model kesesuaian habitat *MaxEnt* bagi kelompok gajah Anita, Bintang, dan Ceria adalah lokasi bekas kebakaran. Parameter lingkungan yang berkontribusi paling besar untuk model kesesuaian habitat bagi individu jantan soliter Dugul adalah jarak dari jalur keluar gajah karena pergerakan dugul selalu mendekati jalur keluar gajah dari dalam kawasan. Parameter lingkungan yang berkontribusi paling besar untuk model kesesuaian habitat bagi kelompok gajah Ester dan Fina adalah tutupan lahan, dan juga jarak dari jalan karena pergerakan kelompok ini cenderung menjauhi jalan. Jarak dari sungai merupakan parameter lingkungan yang berpengaruh bagi semua kelompok dan individu gajah. Keberadaan gajah paling sering dekat dengan sungai pada jarak <2 km. Begitu juga dengan tutupan lahan, semua kelompok memberikan respon yang baik terhadap hutan

lahan kering sekunder, hutan rawa sekunder, dan semak belukar. Pada model kesesuaian habitat *Analytical Hierarchy Process* (AHP), parameter lingkungan yang paling berpengaruh adalah jarak dari sungai dengan nilai 0.319 dan tutupan lahan dengan nilai 0.213.

3. Pemodelan kesesuaian habitat gajah sumatera menggunakan *MaxEnt* seluruhnya memiliki akurasi yang baik hingga sangat baik, kelompok Anita memiliki kelas kesesuaian habitat sangat sesuai (7.923,6 ha), sesuai (8.254,4 ha), dan tidak sesuai (112.113,7 ha) dengan nilai AUC 0,940. Kelompok Bintang memiliki kelas kesesuaian habitat sangat sesuai (8.978,8 ha), sesuai (5.70,1 ha), dan tidak sesuai (113.609,5 ha) dengan nilai AUC 0,951. Kelompok Ceria memiliki kelas kesesuaian habitat sangat sesuai (33.225,8 ha), sesuai (22.838,2 ha), dan tidak sesuai (72.227,4 ha) dengan nilai AUC 0,915. Individu jantan soliter Dugul memiliki kelas kesesuaian habitat sangat sesuai (5.417 ha), sesuai (18.985,8 ha), dan tidak sesuai (103.888,7 ha) dengan nilai AUC 0,908. Kelompok Ester memiliki kelas kesesuaian habitat sangat sesuai (33.347,2 ha), sesuai (63.991,5 ha), dan tidak sesuai (30.951,8 ha) dengan nilai AUC 0,880. Kelompok Fina memiliki kelas kesesuaian habitat sangat sesuai (32.259 ha), sesuai (50.106,2 ha), dan tidak sesuai (45.924,2 ha) dengan nilai AUC 0,889. Pemodelan kesesuaian habitat dengan *Analytical Hierarchy Process* mendapatkan nilai akhir yang menunjukkan bahwa kelas kesesuaian habitat sangat sesuai (0,280-0,389), sesuai (0,170-0,280), dan tidak sesuai (0,061-0,170). Berdasarkan hasil *overlay* peta kesesuaian habitat gajah, didapatkan 14704 titik *tagging* gajah berada pada kategori sangat sesuai (87.245 ha) dengan persentase 65,3%, 7.488 titik *tagging* gajah berada pada kategori sesuai (40.469,1 ha) dengan persentase 33,2%, dan 332 titik *tagging* gajah berada pada kategori tidak sesuai (557,9 ha) dengan persentase 1,5%.

## 5.2 Saran

Saran bagi pengelola, habitat spesies payung seperti gajah sumatera sangat penting untuk diperhatikan. Beberapa upaya konservasi untuk menjaga populasi dan habitat gajah sumatera di TNWK dapat dilakukan dengan mempertahankan dan meningkatkan kondisi habitat pada kelas sangat sesuai, sesuai, dan *core range*. Kondisi pada tutupan lahan dan sungai perlu dilindungi dari segala kerusakan.

Sedangkan kategori kelas tidak sesuai perlu dilakukan kegiatan pemulihan ekosistem. Area bekas kebakaran menjadi titik rawan bagi kegiatan perburuan karena banyak aktivitas satwa herbivora seperti gajah sumatera pada area tersebut. Butuh perhatian khusus berupa patroli rutin pada area bekas kebakaran.

Penelitian ini masih terbatas hanya lima parameter lingkungan. Diperlukan adanya kajian lebih lanjut menggunakan parameter lingkungan lainnya seperti indeks vegetasi, sebaran pakan, lahan basah, dan lain sebagainya. Dalam menggunakan data *GPS Collar* juga diperlukan konsep waktu pemilihan titik *tagging* gajah sesuai dengan aktivitasnya sehingga model yang dihasilkan dapat lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. 2009. Penggunaan habitat dan sumber daya oleh gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus* Temminck, 1847) di hutan Prov. NAD menggunakan teknik GIS. *Penelitian Hayati Edisi Khusus*. 3(B): 47–54.
- Abdullah, Asiah, Japisa, T. 2012. Karakteristik habitat gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di kawasan ekosistem Seulawah Kabupaten Aceh besar. *Biologi Edukasi*. 4(1): 41-45.
- Abdullah, D.N. Choesin, Sjarmidi, 2005. Estimasi daya dukung pakan gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus* temmick) di Kawasan Hutan Tessonilo, Prov Riau. *Jurnal Ekologi dan Bio diversitas*. 4(2): 37-41
- Abdullah, A., Dahlian, D., Mukhlisin, M. 2009. Preferensi makan gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Kawasan Hutan Cagar Alam Jantho. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*. 1(1): 66-68.
- Abdullah, Japisa, T. 2013. Karakteristik habitat gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus* Temminck) pada habitat terganggu di ekosistem hutan Seulawah. *Jurnal Edukasi Biologi Tropika*. 1(1): 50-60.
- Aini, S., Sood, A., Saaban, S. 2015. Analysing elephant habitat parameters using GIS, remote sensing and analytic hierarchy process in Peninsular Malaysia. *Pertanika J Sci Technol*. 23(1): 37–50.
- Aldezia, T., Susilowati, Ghofur, A. 2016. Tingkah laku makan harian gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Secret Zoo Kota Batu, Jawa Timur. *Jurnal Online Universitas Negeri Malang*. 1(1): 1-11.
- Alfred, R., A. C. Williams, J. Vertefeuille, J. Payne, P. Andau, L. Ambu, S. Sipangkui, A. Lim. 2006. *Satellite Tracking of Borneo's Pygmy Elephants*. Asian Rhino and Elephant Action Strategy, WWF-Malaysia. Malaysia.
- Alikodra, H. S. 1990. *Pengelolaan Satwa Liar. Jilid 1*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Alikodra, H.S. 2002. *Pengelolaan Satwa Liar Jilid 1*. Buku. Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Alikodra, H.S. 2010. *Teknik Pengelolaan Satwa Liar dalam Rangka Mempertahankan Keanekaragaman Hayati Indonesia*. Buku. IPB Press. Bogor.

- Andriyani, A., Rustiati, E., L., Sugiyo. 2020. Teknik kajian titik masuk gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di perbatasan kawasan konservasi Taman Nasional Way Kambas dengan Pemukiman. In: *Seminar Nasional Konservasi 2020*.
- Arifiani, D., Mahyuni, R. 2012. Keanekaragaman flora di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan, Provinsi Lampung. *Berita Biologi*. 11(2): 149-160.
- Araújo, M.B., Pearson, R.G., Thuiller, W., Erhard, M. 2005. Validation of species–climate impact models under climate change. *Glob. Change Biol.* 11(9): 1504-1513.
- Areendran, G., Krishna, R., Sraboni, M., Madhushree, M., Himanshu, G., Sen, P. K. 2011. Geospatial modeling to assess elephant habitat suitability and corridors in Northern Chhattisgarh, India. *Tropical Ecology*. 52(3): 275-283.
- Aryasatya, M. F., Prasetyo, Y., Wahyuddin, Y. 2022. Analisis dampak kebakaran hutan terhadap perubahan tutupan lahan dan habitat kawasan lindung di Taman Nasional Way Kambas Menggunakan Metode Polarimetrik. *Jurnal Geodesi UNDIP*. 11(2): 21-31.
- Balai Taman Nasional Way Kambas. 2017. Ekosistem Hutan Way Kambas. <https://waykambas.org/ekosistem-hutan-way-kambas/>. Diakses pada tanggal 3 April 2023 Pukul 20.34
- Berliana, K. 2009. *Pemetaan Kesesuaian Habitat Owa Jawa (Hylobates moloch Audebert, 1798) di Cagar Alam Gunung Tilu Kabupaten Bandung dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografis*. Skripsi. IPB. Bogor.
- Bjørneraas, K., Van Moorter, B., Rolandsen, C. M., Herfindal, I. 2010. Screening global positioning system location data for errors using animal movement characteristics. *The Journal of Wildlife Management*. 74(6): 1361–1366.
- Coban, H.O., Orucu O.K., Arslan E.S. 2020. *MaxEnt* modeling for predicting the current and future potential geographical distribution of quercus libani oliver. *Sustainability*. 12:1-17.
- Dahlan, Z., Setyawan, D., Yustian, I. 2014. Selection of sumatra elephants (*Elephas maximus sumatranus* Temminck, 1847) toward habitat types and resources in wildlife Sanctuary of Padang Sugihan, South Sumatra Province. *Advances in Environmental Biology*. 403-411.
- Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam. 2007. *Strategi dan Rencana Aksi Konservasi gajah sumatera dan gajah Kalimantan 2007- 2017*. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Dermawan R. 2009. *Model Kuantitatif Pengambilan Keputusan dan Perencanaan Strategis*. Alfabeta. Bandung

- Djufri, D. 2003. Natural food monitoring of sumatran elephant (*Elephas maximus sumatraensis*) in Taman Hutan Raya Cut Nyak Dhien Seulawah, Aceh Besar. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 4(2).
- Douglas-Hamilton, I., Krink, T., Vollrath, F. 2005. Movements and corridors of african elephants in relation to protected areas. *Naturwissenschaften*, 92, 158-163.
- Elly, M. 2009. *Sistem Informasi Geografis*. Graha Ilmu. Jakarta.
- Faisol, A. dan Indarto. 2012. *Tutorial Ringkas ArcGis-10*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Febryano, I. G., Rusita, R. 2017. Kajian vegetasi lahan rawa sebagai daya dukung pakan alami gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Pusat Konservasi Gajah Taman Nasional Way Kambas. In: *International Seminar Agricultural Engineering*.
- Febryano, I. G., Winarno, G. D., Rusita, R., Yuwono, S. B. 2020. *Mitigasi Konflik Gajah dan Manusia Di Taman Nasional Way Kambas*. Aura Publisher. Bandar Lampung.
- Gopala, A., Hadian, O., Sunarto, Sitompul, A., Williams, A., Leimgruber, P., Chambliss, S. E., Gunaryadi, D. 2011. *Elephas maximus ssp. sumatranus*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T199856A9129626*.
- Hedges, S., Tyson, M.J., Sitompul, A.F., Kinnaird, M.F., Gunaryadi, D., Aslan. 2005. Distribution, status, and conservation needs of asian elephants (*Elephas maximus*) in Lampung Province, Sumatra, Indonesia. *Biological Conservation*. 124: 35-48.
- Indraswati, D., Hanivah, N., Ramadani, Mutia Januar, Priyana, Y. 2018. Analisis aplikasi ArcGIS 10.3 untuk pembuatan daerah aliran sungai dan penggunaan lahan di DAS SAMAJID Kabupaten Sampang, Madura. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS IX 2018*, 478–489.
- Iskandar, D. T., Mardiasuti, A., Purwanto, Y. 2017. Habitat suitability analysis of sumatran Elephants in Bukit Barisan Selatan National Park. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 18(3): 929-936.
- Jokimäki J, Huhta E. 1996. Effects of landscape matrix and habitat structure on a bird community in northern Finland:a multi-scale approach. *Ornis Fennica*. 73: 97 – 113.
- Juntti TM, Rumble MA. 2006. *Arc Habitat Suitability Index Computer Software, General Technical Report: RMRS-GTR-180WWW*. Department of

Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Ft. Collins, (CO): U.S.

- Kunarso, A., Syabana, T. A. A., Mareti, S., Azwar, F., Kharis, T., Nuralamin, N. 2019. Analisis spasial tingkat kerusakan Kawasan Suaka Margasatwa Padang Sugihan Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*. 16(2): 191–207.
- Kurniadi, A., Syarifah, S., Saputra, A., Mahanani, A. I. 2020. Studi perilaku harian gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Pusat Konservasi Gajah (PKG) Padang Sugihan. *In Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*. 3: 481-489.
- Malik, A. A., Anggreany, R., Sari, M. W., Walid, A. 2020. Keanekaragaman hayati flora dan fauna di kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) Resort Merpas Bintuhan Kabupaten Kaur. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains*. 1(1): 35-42.
- Mahanani, A. I. 2012. *Strategi Konservasi gajah sumatera (Elephas maximus sumatranus Tem-minck) di Suaka Margasatwa Padang Sugihan Provinsi Sumatera Selatan Berdasarkan Daya Dukung Habitat*. Thesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Mahanani, A. I., Hendrarto, B. Soeprobowati, T. R. 2012. Daya dukung habitat gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus* Temminck) di Suaka Margasatwa Padang Sugihan Provinsi Sumatera Selatan. *Kalium (K)*. 1(18):0-41
- Makmur, A., Rahmi, E., Sari, S. I., Ridhana, F. 2022. Evaluasi preferensi pakan gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Pusat Latihan Gajah Holiday Resort Aek Raso Sumatera Utara. *Jurnal biosense*. 5(2): 1-13.
- Meytasari, P., Bakri, S., Herwanti, S. 2014. Penyusunan kriteria domestikasi dan evaluasi praktek pengasuhan gajah: studi di Taman Nasional Way Kambas Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*. 2(2): 79-88.
- Miftahudin, M., Winarno, G. D., Santoso, T., Darmawan, A. 2021. Analisis obyek daya tarik wisata (ODTW) dan interpretasi jalur ekowisata *Elephant Tour* di Pusat Latihan Gajah Taman Nasional Way Kambas. *Jurnal Hutan Tropis*. 9(2): 270-281.
- Moßbrucker, A. M., Fleming, C. H., Imron, M. A., Pudyatmoko, S. 2016. AKDEC home range size and habitat selection of sumatran elephants. *Wildlife research*. 43(7): 566-575
- Munthe, I. R., Wardana, E. W., Yanris, G. J. 2021. Rancang bangun sistem informasi geografis pemetaan hutan pada Kabupaten Labuhan-Batu. *Rabit: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, 6(2): 77-82.

- Mustafa, T., Abdullah, A., Khairil, K. 2019. Analisis habitat gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) berdasarkan *Software Smart* di Kecamatan Peunaron Kabupaten Aceh Timur. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 6(1): 1-10.
- Noerdjito, M. Maryanto, I, 2001. *Jenis-jenis Hayati yang Dilindungi Perundang-undangan Indonesia*. Balitbang Zoologi (Museum Zoologicum Bogoriense) Puslitbang dan The Nature Conservancy. Cibinong.
- Philips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. 2016. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 1960: 231 -259.
- Prahasta, E. 2001. *Konsep-Konsep Dasar: Sistem Informasi Geografis*. Informatika Bandung. Bandung.
- Pramana, R., Darmawan, A., Winarno, G.D., Harianto, S.P. 2019. Penggunaan zonasi habitat gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Taman Nasional Way Kambas. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. 195-201
- Pramana, R. 2020. *Kesesuaian Habitat gajah sumatera (Elephas maximus sumatranus) di Taman Nasional Way Kambas Berbasis Sistem Informasi Geografis*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Prayogi, I., Wildian, W. 2019. Rancang bangun sistem telemetri pendeteksi keberadaan hewan penelitian menggunakan sensor PIR dan Drone berbasis Arduino Uno R3. *Jurnal Fisika Unand*. 8(2): 99-105.
- Purastuti, E.M. 2010. *Kajian Konflik Manusia-Gajah (Analisis Keruangan Wilayah Jelajah gajah di Sekincau Taman Nasional Bukit Barisan Selatan, Lampung)*. Tesis. Megister Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Indonesia. Jakarta.
- Puyravaud, J., Cushman, S. A., Davidar, P., Madappa, D. 2017. Predicting landscape connectivity for the asian elephant in its largest remaining subpopulation. *Animal Conservation*. 20(3): 225–234.
- Qomariah, I. N., Rahmi, T., Said, Z., Wijaya, A. 2019. Conflict between human and wild sumatran elephant (*Elephas maximus sumatranus* Temminck) 1847 in Aceh Province, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 20(1):77-84.
- Rahmat, U. M. 2009. Genetika populasi dan strategi konservasi Badak Jawa (*Rhinoceros sondaicus* Desmarest 1822). *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 15(2): 83-90.

- Rapsodi, D, 1987. *Vegetasi Habitat dan Karakteristik Habitat Gajah Sumatera (Elephas maximus sumatranus Temminck) di Taman Nasional Way Kambas, Lampung*. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Resphaty. D. A., Harianto S. P., Dewi B. S. 2015. Perilaku menggaram gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) dan kandungan garam mineral pada *saltlicks* di Resort Pemerihan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*. 3(2): 123-130.
- Ribai., Setiawan, A. Darmawan, A. 2012. Perilaku menggaram gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Pusat Konservasi gajah Taman Nasional Way Kambas. *Tengkawang*. 2(1): 1-9.
- Riddle, H. 2007. Elephant response units (ERU). *Gajah*. 26: 47-53.
- Rohman, W. A., Wulandari, C., Darmawan, A., Sari Dewi, B. 2019. Preferensi jelajah harian gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3): 309-320.
- Sabri, E. T. B., Gunawan, H. 2014. Pola pergerakan dan wilayah jelajah gajah sumatra (*Elephas maximus sumatranus*) dengan menggunakan *GPS radio collar* di sebelah Utara Taman Nasional Tesso Nilo. *JOM FMIPA*. 1(2): 599-606.
- Salsabila, A., Winarno, G. D., Darmawan, A. 2017. Studi perilaku gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) untuk mendukung kegiatan ekowisata di Pusat Konservasi Gajah Taman Nasional Way Kambas. *Scripta Biologica*. 4(4): 229-233.
- Shoshani, J., Eisenberg, J. F. 1982. *Elephas maximus*. *The American Society of Mammalogists*. 182: 1-8.
- Sitompul, A. F. 2011. *Ecology and Conservation of Sumatra Elephants (Elephas maximus sumatranus) in Sumatera, Indonesia*. Disertasi. University of Massachussetts Amherst. New York.
- Sitompul, A. F., Griffin, C. R., Fuller, T. K. 2013. Sumatran elephant ranging behavior in a fragmented rainforest landscape. *International Journal of Biodiversity and Conservation*. 5(2): 66-72.
- Sitompul, A. F., Griffin, C. R., Rayl, N. D., Fuller, T. K. 2013. Spatial and temporal habitat use of an asian elephant in Sumatra. *Animals*. 3(3): 670-679.
- Suhartono T., Susilo H.D., Sitompul A.F., Gunaryadi D, Purastuti E.M., Azmi W., Fadhli N., Stremme C. 2007. *Strategi dan rencana aksi konservasi Gajah Sumatra dan Gajah Kalimantan*. Departemen Kehutanan. Jakarta.

- Suhada, N., Yoza, D., Arlita, T. 2016. Habitat optimal gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus* Temminck.) di Pusat Latihan Gajah (PLG) Minas. *Jom Faperta*. 3(1): 1-9.
- Sukmara, M. D. P., Dewi, B. S. 2012. Mitigasi konflik manusia dan gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus* temminck, 1847) menggunakan gajah patroli di Resort Pemerihan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *J. Sains MIPA*. 18(3): 91-100.
- Sukmantoro, Y. W., Alikodra, H. S., Kartono, A. P., Efransjah, E. 2019. Distribution and habitat preferences of sumatran elephant (*Elephas maximus sumatranus*) in Riau, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 20(1): 226-235.
- Sukmantoro, W., Samsuardi, S. A., Fadli, N. 2009. *Instalasi dan studi GPS Collar untuk Gajah Sumatera (Elephas maximus sumatranus) di Taman Nasional Tesso Nilo, Propinsi Riau tahun 2007 dan 2009*. Unpublished.
- Sukmantoro, W., Suyitno, A., Mulyadi, Gunaryadi, D., Seno, A., Kusuma, A. I., Darwis. 2021. Population, distribution, and habitat of bornean elephant in tulin onsoi, nunukan district, indonesia based on dung counts. *Biodiversitas*. 22(1): 311–319.
- Sukumar, R. 1989. *The Asian Elephant Ecology and Management*. Buku. Cambridge University Press. Cambridge. 225 hlm.
- Susilowati, O., Mahanani, A. I., Yustian, I., Setiawan, D. 2016. *Identifikasi dan Pemetaan Kantong-Kantong Habitat Gajah dan Harimau di Sumatera Selatan*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Syarifuddin, H. 2008. Survei populasi dan hijauan pakan gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Kawasan Seblat Kabupaten Bengkulu Utara. *Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*. 11(1): 42-51.
- Talukdar, N. R., Choudhury, P., Ahmad, F., Ahmed, R., Ahmad, F., Al-Razi, H. 2020. Habitat suitability of the asiatic elephant in the trans-boundary Patharia Hills Reserve Forest, Northeast India. *Modeling Earth Systems and Environment*. 6: 1951-1961.
- Tohir, R. K. 2018. *Daya Dukung Pakan dan Desain Sistem Penggembalaan Gajah Sumatera (Elephas maximus sumatranus) Flying Squad di Taman Nasional Tesso Nilo*. Doctoral dissertation. Bogor Agricultural University (IPB). Bogor.
- Utami, D.F., Setiawan, A., Rustiati, E.L. 2015. Kajian interaksi gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) dengan masyarakat kuyung arang, Kabupaten Tanggamus. *Sylva Lestari*. 3(3): 63-70.

- Verma, S. 2008. Spatial distribution of asian elephant (*Elephas maximus*) and its habitat usage pattern in Kalakad Mundhaturai Tiger Reserve, Western Ghats, Southern India. *Journal of Current Science*. 94(4): 501-506.
- Woodward, M. 1999. *Epidemiology: Study Design and Data Analysis*. Chapman & Hall. London
- Wong, E. P., Yon, L., Walker, S. L., Mena, A. S., Wadey, J., Othman, N., Campos-Arceiz, A. 2018. The elephant who finally crossed the road—Significant life events reflected in faecal hormone metabolites of a wild asian elephant. *Gajah*. 48(1): 4-11.
- Yogasara, F. A., Zulkarnaini, Saam, Z. 2012. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi intensitas konflik antara gajah dengan manusia di Kecamatan Mandau dan Kecamatan Pinggir Kabupaten Bengkalis. *Ilmu lingkungan*. 6 (1): 68-81.
- Yudarini. N.D., Soma I.G., Widyastuti S. 2012. Tingkah laku harian gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Bali Safari and Marine Park, Gianyar. *Indonesia Medicus Veterinus*. 2(4): 461- 468.
- Yunus, M., Alim, N., Sumianto, A. S., Subagyo, A. 2019. Keragaman dan distribusi mammalia di Taman Nasional Way Kambas, Sumatra Indonesia. *In Prosiding Seminar Nasional Sains, Matematika, Informatika dan Aplikasinya*. 4(2): 31-42.
- Zazuli, M., Dewi, B.S. 2015. Mitigasi konflik manusia dan gajah (patroli dan penjagaan) oleh *Elephant Response Unit* di Resort Toto Projo, Taman Nasional Way Kambas. Prosiding. *Seminar Nasional Sains & Teknologi*. 4: 120-131.