

**ANALISIS MITIGASI KONFLIK GAJAH SUMATRA (*Elephas maximus sumatranus* Temminck 1847) MELALUI PEMANTAUAN *GPS COLLAR* DI TAMAN NASIONAL BUKIT BARISAN SELATAN**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**LUTHFI PURWANURISKI  
NPM 1714151061**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## ABSTRAK

### ANALISIS MITIGASI KONFLIK GAJAH SUMATRA (*Elephas maximus sumatranus* Temminck 1847) MELALUI PEMANTAUAN *GPS COLLAR* DI TAMAN NASIONAL BUKIT BARISAN SELATAN

Oleh

LUTHFI PURWANURISKI

Gajah sumatra (*Elephas maximus sumatranus*) merupakan spesies mamalia darat terbesar di Pulau Sumatra yang saat ini di habitatnya merosot menjadi 61,3 % dalam dua belas tahun terakhir. Salah satu penyebabnya karena terdapat kasus perburuan, konflik gajah-manusia dan kematian yang disebabkan karena jerat dan alih fungsi lahan. Berdasarkan hal tersebut penelitian terkait analisis mitigasi konflik gajah dan manusia perlu dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis pola pergerakan dan penggunaan ruang gajah sumatra serta mengetahui persepsi masyarakat terhadap penggunaan *GPS Collar* pada gajah dan menganalisis mitigasi konflik yang dilakukan oleh masyarakat, mitra, serta petugas taman nasional. Metode yang digunakan berupa *purposive sampling* yaitu wawancara pada responden yang mengalami dampak dari konflik ini. Pendalaman isu dilakukan dengan menggunakan teknik *sampling snowball* dengan pemilihan informan-informan kunci sehingga mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam penelitian. Selain itu analisis tutupan lahan diolah dengan menggunakan algoritma *object oriented classification* (OOC) menggunakan nilai akurasi (*overall accuracy*). Hasil penelitian menunjukkan keberadaan gajah sumatra di TNBBS memiliki pola pergerakan berkelompok (*clustered*) berdasarkan ketersediaan pakan dan berbagai faktor fisik lainnya yang dibutuhkan oleh gajah sumatra. Penggunaan ruang intensif oleh gajah berupa tutupan hutan yang berada di hutan alam dengan kelas zonasi rimba yang masih memiliki tutupan kanopi yang bagus serta memiliki ketersediaan sumber daya yang cukup bagi gajah. Kemudian mitigasi konflik manusia dan gajah menggunakan pemantauan *GPS Collar* terbukti lebih efektif mengurangi jumlah konflik dibandingkan sebelum menggunakan *GPS Collar*. Sebelumnya mitigasi yang dilakukan oleh masyarakat yaitu melakukan penjagaan setiap malam dengan bekal penerangan seadanya dan juga petasan/mercon di batas kawasan TNBBS.

Kata kunci : Mitigasi Konflik, Gajah, Manusia, *GPS Collar*

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF SUMATRAN ELEPHANT (*Elephas maximus sumatranus* Temminck 1847) CONFLICT MITIGATION THROUGH GPS COLLAR MONITORING IN BUKIT BARISAN SELATAN NATIONAL PARK**

**By**

**LUTHFI PURWANURISKI**

The Sumatran elephant (*Elephas maximus sumatranus*) is the largest of land mammal species on the island of Sumatra which has now decreased in population to 61.3 % in the last twelve years. One of the causes is due to poaching cases, elephant-human conflict and deaths caused by snares and land transfer. Based on this, research related to the analysis of elephant and human conflict mitigation needs to be done to analyze the movement patterns and use of Sumatran elephant space and find out public perceptions of the use of GPS Collar in elephants and analyze conflict mitigation carried out by the community, partners, and national park officials. The method used was purposive sampling, which is an interview on respondents who experience the impact of this conflict. Deepening of the issue was done using snowball sampling techniques with the selection of key informants so as to get the information needed in the research. The classification of land cover is processed with an object oriented classification (OOC) algorithm using an accuracy value (overall accuracy). The results showed the presence of Sumatran elephants in the TNBBS Area has a pattern of group movement (clustering) based on the availability of feed and various other physical factors needed by Sumatran elephants. While the use of space that is often used by elephants in the form of forest cover is in the natural forest with a class of jungle zoning that still has good canopy cover and has sufficient resource availability for elephants. Human and elephant conflict mitigation using GPS collar monitoring proved to be more effective at reducing the number of conflicts compared to not using GPS collars. Previously mitigation carried out by the community was to maintain every night armed with makeshift lighting and also firecrackers / mercon at the boundary of the TNBBS Area.

**Keywords:** Conflict Mitigation, Elephant, Human, GPS Collar

**ANALISIS MITIGASI KONFLIK GAJAH SUMATRA (*Elephas maximus sumatranus* Temminck 1847) MELALUI PEMANTAUAN GPS COLLAR DI TAMAN NASIONAL BUKIT BARISAN SELATAN**

**Oleh**

**LUTHFI PURWANURISKI**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Kehutanan  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

Judul : **ANALISIS MITIGASI KONFLIK GAJAH  
SUMATRA (*Elephas maximus sumatranus*  
Temminck 1847) MELALUI PEMANTAUAN  
GPS COLLAR DI TAMAN NASIONAL BUKIT  
BARISAN SELATAN**

Nama Mahasiswa : **Luthfi Purwanuriski**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1714151061

Jurusan : Kehutanan

Fakultas : Pertanian

**MENYETUJUI,**

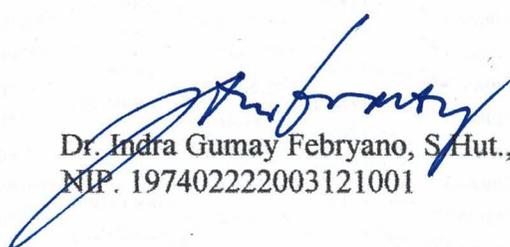
**1. Komisi Pembimbing**



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

Dr. Ir. Gunardi Djoko Winarno, M.Si.  
NIP. 196912172005011003

**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 : Dr. Ir. Gunardi Djoko Winarno, M.Si.



Penguji : Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.



Dekan Fakultas Pertanian

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **09 Desember 2021**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Luthfi Purwanuriski

NPM : 1714151061

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

**“ANALISIS MITIGASI KONFLIK GAJAH SUMATRA (*Elephas maximus sumatranus* Temminck 1847) MELALUI PEMANTAUAN GPS COLLAR DI TAMAN NASIONAL BUKIT BARISAN SELATAN”**

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 dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung, April 2022

Yang menyatakan



**Luthfi Purwanuriski**

NPM 1714151061

## RIWAYAT HIDUP



Luthfi Purwanuriski dilahirkan di Yogyakarta, 10 September 1999, merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang merupakan anak dari pasangan Bapak Agung Suryanto, S.H. dan Ibu Nurdyastuti. Penulis menempuh Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Pelita Ibu tahun 2004-2005, Sekolah Dasar Negeri (SDN) 010 Pondok Labu Jakarta Selatan 2005-2011, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 226 Jakarta Selatan 2011-2014 dan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 10 Depok 2014-2017.

Tahun 2017, penulis melanjutkan pendidikan dan terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian (FP) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah manajemen hutan, pemetaan hutan & SIG dan penginderaan jauh, pada tahun 2019 penulis pernah melaksanakan magang di Desa Wisata Nglanggeran, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta yang masuk ke dalam Gunung Sewu Global Geopark UNESCO. Penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasyilva) FP Unila sebagai Ketua Bidang 4 Komunikasi, Informasi dan Pengabdian Masyarakat periode tahun 2020. Kemudian pada bulan Januari-Februari 2020 penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sirnagalih, Kecamatan Ulubelu, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Penulis juga mengikuti kegiatan Praktik Umum (PU) di Resort Balik Bukit, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) pada bulan Juli-Agustus 2020.

Penulis menulis paper berjudul “Analisis Mitigasi Konflik Gajah Sumatra (*Elephas maximus sumatranus*) di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan” yang akan dipublikasikan pada Jurnal Belantara Volume 5, Nomor 2 Tahun 2022.

*Bismillahirrahmanirrahim*

Kupersembahkan Karya ini untuk Kedua Orang Tuaku Tersayang

## SANWACANA

Puji syukur yang selalu terucap kehadirat Allah SWT. *Shalawat* serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan Rasulullah Muhammad SAW, karena atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Mitigasi Konflik Gajah Sumatra (*Elephas maximus sumatranus* Temminck 1847) Melalui Pemantauan *Gps Collar* di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Universitas Lampung. terselesaikannya penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan terima kasih yang tulus 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 dan selaku dosen penguji skripsi, terima kasih atas kritik, saran, ilmu pengetahuan, pengalaman serta bantuan yang telah diberikan dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc., selaku pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis mulai dari awal penyusunan proposal penelitian sampai proses penulisan skripsi ini selesai.
4. Bapak Dr. Ir. Gunardi Djoko Winarno, M.Si., selaku pembimbing kedua saya yang telah banyak memberikan masukan, saran, dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Dr. Rudi Hilmanto, S.Hut., M.Si., selaku pembimbing akademik atas bimbingan, motivasi, saran dan kritik yang telah diberikan dalam proses perkuliahan.

6. Bapak dan ibu dosen serta tenaga kependidikan Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas ilmu pengetahuan, pengalaman, dan bantuan kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Bapak Ismanto, S.Hut., M.P. selaku kepala Plt. Balai Besar Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (BBTNBBS), Ibu Tri Sugiharti dan Bapak Yusuf yang sudah mengizinkan, membantu dan memberikan arahan terkait dengan penelitian ini.
8. Kedua orang tua tercinta Bapak Agung Suryanto, S.H. dan Ibu Nurdyastuti yang selalu memberikan doa, semangat, dukungan dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan studi.
9. Adik saya Dhestya Ajeng Shafira yang selalu memberikan dukungan serta semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
10. Nimas Ayu atas dukungan, semangat, motivasi dan bantuan yang diberikan selama penulis menyelesaikan studi dan menyelesaikan skripsi.
11. Perkumpulan SIPIL: Falah Rizkasumarta, Ahmad Rizaldi, Zareva Aria Bayu, Irlan Rahmat Maulana dan Bangun Adi Wijaya yang telah memberikan banyak bantuan serta semangat kepada penulis dalam penyelesaian studi.
12. Teman-teman mahasiswa Angkatan 2017 RAPTORS (*Responsible and Powerfull Team of Forester Seventeen*) yang terus memberikan dukungan, semangat dan doa selama penulis menyelesaikan studi.
13. Terima kasih untuk diri sendiri yang telah mampu bertahan dan melewati seluruh rintangan selama perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, tetapi penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Bandar Lampung,      April 2022

*Luthfi Purwanuriski*

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.3 Kerangka Pemikiran.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Keadaan Umum Daerah Penelitian.....	6
2.2 <i>Global Positioning System</i> (GPS) Collar.....	8
2.3 Bioekologi Gajah Sumatra ( <i>Elephas maximus sumatranus</i> , Temminck 1847).....	10
2.4 Morfologi Gajah Sumatra .....	11
2.5 Aktivitas Harian dan Reproduksi.....	12
2.6 Habitat dan Pakan .....	13
2.7 Konflik Manusia dengan Gajah .....	16
2.8 Mitigasi Konflik.....	19
2.9 Penginderaan Jauh .....	22
2.10Citra Sentinel 2 .....	25
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	28
3.1 Waktu dan Tempat .....	28
3.2 Alat dan Objek Penelitian .....	28
3.3 Jenis Data .....	28
3.3.1 Data Primer.....	28
3.3.2 Data Sekunder .....	29
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	31
3.4.1 Data Titik <i>GPS Collar</i> Gajah Tahun 2020-2021 .....	31
3.4.2 Data Persepsi Masyarakat.....	31
3.4.3 Data Survei Lapangan .....	32

	Halaman
3.5 Metode Analisis Data.....	32
3.5.1 Analisis Citra.....	32
3.5.2 Analisis Data Spasial.....	33
3.5.3 Analisis Deskriptif.....	35
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>36</b>
4.1 Pola Pergerakan dan Penggunaan Ruang Gajah Sumatra.....	36
4.1.1. Pola Pergerakan Gajah Sumatra.....	36
4.1.2. Penggunaan Ruang Gajah Sumatra.....	41
4.2 Upaya Mitigasi Konflik Gajah dan Manusia.....	52
4.3 Pengaruh Pemasangan <i>GPS Collar</i> dalam Mitigasi Konflik Gajah dan Manusia.....	54
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>60</b>
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran.....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>62</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>70</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Matriks kesalahan ( <i>confusion matrix</i> ).....	32
2. Sebaran titik gajah terhadap jarak ke sungai.....	47
3. Sebaran titik gajah terhadap jarak ke jalan. ....	49
4. Tipe mitigasi konflik gajah dan manusia di TNBBS .....	52
5. Tanaman masyarakat di sekitar TNBBS .....	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran.....	5
2. Peta lokasi penelitian di Resort Pemerihan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan.....	28
3. Peta arah pergerakan gajah sumatra pada kelas tutupan lahan di TNBBS tahun 2020-2021 .....	37
4. Hasil analisis pola persebaran titik gajah.....	38
5. Peta perkiraan wilayah jelajah ( <i>home range</i> ) gajah sumatra di TNBBS tahun 2020-2021 .....	40
6. Pergerakan gajah terhadap tutupan lahan .....	41
7. Peta penggunaan ruang gajah sumatra pada kelas tutupan lahan di TNBBS tahun 2020-2021 (Siang Hari) .....	43
8. Peta penggunaan ruang gajah sumatra pada kelas tutupan lahan di TNBBS tahun 2020-2021 (Malam Hari) .....	43
9. Sebaran titik gajah terhadap zonasi TNBBS.....	44
10. Peta habitat gajah sumatra terhadap zonasi di TNBBS tahun 2020-2021 .....	46
11. Peta sebaran gajah sumatra terhadap jarak ke sungai di TNBBS tahun 2020-2021 .....	48
12. Peta habitat gajah sumatra terhadap jarak ke jalan di TNBBS tahun 2020-2021 .....	51
13. Pemantauan gajah melalui <i>AWT Tracker</i> .....	55
14. Penyebab gajah sering keluar kawasan hutan.....	56

Gambar	Halaman
15. Mitigasi konflik yang efektif menurut responden.....	57
16. Jumlah kasus konflik gajah dan manusia di kawasan TNBBS. ....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Areal gajah jinak di Resort Pemerihan. ....	71
2. Tanda keberadaan gajah sumatra ( <i>Elephas maximus sumatranus</i> ) berupa feses.....	71
3. Kebun masyarakat yang dirusak gajah.....	72
4. Pengambilan data kuesioner kepada masyarakat di Desa Bandar Dalam, Way Haru. ....	72
5. Kebun pisang ( <i>Musa sp</i> ) yang dirusak kelompok gajah liar.....	73
6. Kebun pepaya ( <i>Carica papaya</i> ) yang dirusak kelompok gajah liar. ...	73
7. Kuesioner penelitian .....	74

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Gajah sumatra (*Elephas maximus sumatranus*) merupakan spesies mamalia darat terbesar yang ada di Pulau Sumatra. Satwa ini menurut *International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List* merupakan satwa terancam punah (*endangered*) (IUCN, 2018). Gajah sumatra juga termasuk satwa liar yang tidak boleh diperdagangkan secara internasional sehingga satwa ini terdaftar pada *Appendix I* dalam *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna (CITES)* yaitu termasuk ke dalam satwa yang jumlahnya di alam sudah sangat sedikit dan dikhawatirkan akan punah.

Populasi gajah sumatra di habitatnya merosot menjadi 61,3 % dalam dua belas tahun terakhir sejak tahun 2007 sampai dengan 2019. Penyebab kematian gajah secara langsung seperti perburuan, konflik gajah-manusia dan kematian yang disebabkan karena jerat, racun dan pagar listrik merupakan ancaman serius bagi populasi gajah sumatra. Hal ini juga diperparah dengan deforestasi habitat gajah sumatra (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2020).

Penurunan populasi dan hilangnya habitat menyebabkan populasi gajah terpecah menjadi kantong-kantong populasi yang lebih kecil. Sejumlah kantong populasi kecil (kurang dari lima individu) merupakan populasi yang paling terancam. Daya dukung yang semakin terbatas dan perkawinan sedarah (*inbreeding*), merupakan ancaman yang sangat serius bagi populasi kecil. Jika hal ini tidak ditangani dengan serius dalam waktu singkat, populasi gajah sumatra tidak *viable* untuk berkembang dan tingkat erosi genetik akan semakin tinggi (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2020). Hasil riset pada tahun 2001-2012 ada 126 individu gajah mati dan 29 jiwa

manusia meninggal akibat konflik yang terjadi. Berdasarkan preferensi jelajah harian gajah sumatra terhadap jarak ke jalan yang berdekatan dengan aktivitas manusia, 14 % - 35 % gajah menyebabkan konflik berada pada jarak 0-100 meter (Rohman *et al.*, 2019).

Konflik manusia dan gajah sumatra (*Elephas maximus sumatranus*) sering terjadi di sekitar kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS), karena secara alami gajah akan keluar hutan ke arah pemukiman masyarakat pada periode tertentu mengikuti wilayah *home range*-nya (Sukmara dan Dewi, 2012). Ancaman utama bagi kelestarian gajah sumatra adalah terfragmentasi dan hilangnya habitat (Desai dan Samsuardi, 2009). Tutupan lahan di kawasan TNBBS telah mengalami penurunan, menurut penelitian Sinaga dan Darmawan (2014) daerah-daerah yang dulunya merupakan jalur yang biasanya dilalui oleh gajah kini telah menjadi lahan terbuka ataupun telah menjadi perkebunan. Perubahan tutupan lahan hutan dapat menjadi ancaman bagi satwa liar di dalam hutan (Maullana dan Darmawan, 2014). Hal tersebut menyebabkan satwa ini semakin sering terlibat dalam konflik dengan manusia. Akibat banyaknya konflik manusia-gajah yang terjadi, dan menyebabkan populasi satwa ini mengalami penurunan secara drastis (Sabri *et al.*, 2014).

Aktivitas manusia di dalam hutan dapat menyebabkan terjadinya konflik dengan manusia karena lahan garapan dirusak oleh gajah. Konflik ini dapat menyebabkan korban untuk kedua belah pihak dan merugikan sisi ekonomi masyarakat (Sukmantoro *et al.*, 2011). Habitat gajah di TNBBS kondisinya lebih dari 80 % telah mengalami alih fungsi menjadi kebun dan hal ini memicu terjadinya konflik antara manusia dengan gajah. Selama tahun 2006-2007 telah terjadi kasus konflik gajah dan manusia yang mengakibatkan delapan orang meninggal dunia. Maka dari itu pada tahun 2006, tim kerja terpadu penyelamatan gajah sumatra di Provinsi Lampung mulai memasang *global positioning system (GPS) radio Collar* pada gajah yang kerap masuk ke area berdekatan dengan pemukiman masyarakat sebagai salah satu upaya mitigasi konflik untuk mengarahkan gajah kembali masuk ke dalam kawasan TNBBS (Dwi, 2013).

Konflik yang terjadi antara gajah dan manusia jika terus dibiarkan akan berdampak negatif bagi kedua belah pihak, selain itu gajah bisa dianggap sebagai

hama oleh masyarakat. Pergerakan gajah yang masuk ke areal pertanian, perkebunan dan pemukiman masyarakat menimbulkan kerusakan dan kerugian terhadap bagi masyarakat. Secara ekologis gajah merupakan satwa dilindungi yang harus dijaga kelestariannya, namun secara bersamaan kepentingan sosial-ekonomi masyarakat perlu dipertahankan dan dijaga agar tidak rusak akibat pergerakan gajah. Konflik ini diindikasikan dengan meningkatnya kematian gajah karena jeratan, racun dan perburuan (Ogada, 2003; Berliani *et al.*, 2015).

Berbagai upaya penanggulangan dan penanganan konflik manusia dan gajah sumatra telah dilakukan, baik oleh pemerintah maupun masyarakat belum efektif. Oleh sebab itu, diperlukan suatu solusi dalam mengurangi konflik manusia dan gajah sumatra yang sesuai dengan kondisi sosial ekonomi masyarakat sekitar hutan dan perkebunan di mana gajah beraktivitas (Rianti and Garsetiasih 2017). Padahal jika ditelusuri sejarahnya manusia yang menempati *home range* dari gajah tersebut sehingga terjadi konflik seperti sekarang ini.

Mitigasi konflik gajah dan manusia haruslah menekankan pada persepsi masyarakat mengenai konflik gajah dan manusia serta bentuk-bentuk mitigasi yang diharapkan oleh masyarakat (Yoza *et al.*, 2018). Maka dari itu diperlukan tindakan untuk menggiring kembali gajah tersebut ke kawasan TNBBS dengan cara-cara yang tidak mencelakai gajah. Monitoring pergerakan dan pencatatan periode atau musim keluarnya gajah sumatra (*E. maximus sumatranus*) dari hutan juga perlu dilakukan, sehingga rute pergerakan gajah sumatra (*E. maximus sumatranus*) dan berapa lama berada pada suatu tempat dapat diprediksi (Sukmara dan Dewi, 2012). Monitoring dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya konflik manusia dan gajah sumatra (*E. maximus sumatranus*) salah satunya dengan memasang *GPS Collar* pada kelompok gajah sumatra (*E. maximus sumatranus*) yang sering konflik dengan masyarakat (Sukmara dan Dewi, 2012).

Salah satu upaya dalam mendukung usaha mitigasi konflik gajah dan memahami pergerakan penggunaan habitat oleh kelompok gajah di wilayah ini yaitu dengan pemasangan *GPS Collar*. Petugas telah memasang satu unit *GPS Collar* pada kelompok gajah liar yang sering keluar berkonflik dengan masyarakat. Informasi yang didapatkan dari *GPS Collar* ini, akan menjelaskan jalur pergerakan gajah liar yang lebih akurat sebagai peringatan dini dalam

penanganan konflik (Febryano *et al.*, 2018). *GPS* memungkinkan telemetri akuisisi data lokasi secara terus menerus pada interval waktu untuk individu hewan dalam periode waktu yang lama. Informasi rinci seperti itu dapat digunakan untuk mengevaluasi pergerakan satwa liar, penggunaan ruang dan pemilihan sumber daya dengan tingkat presisi dan akurasi yang tinggi (Rodgers 2001). Sayangnya belum banyak diketahui bagaimana efektivitas dari penggunaan *GPS collar* ini dalam memitigasi konflik gajah dan manusia dan juga aspek kegunaan dari data *GPS Collar* ini dalam aspek pengelolaan satwa liar secara umum.

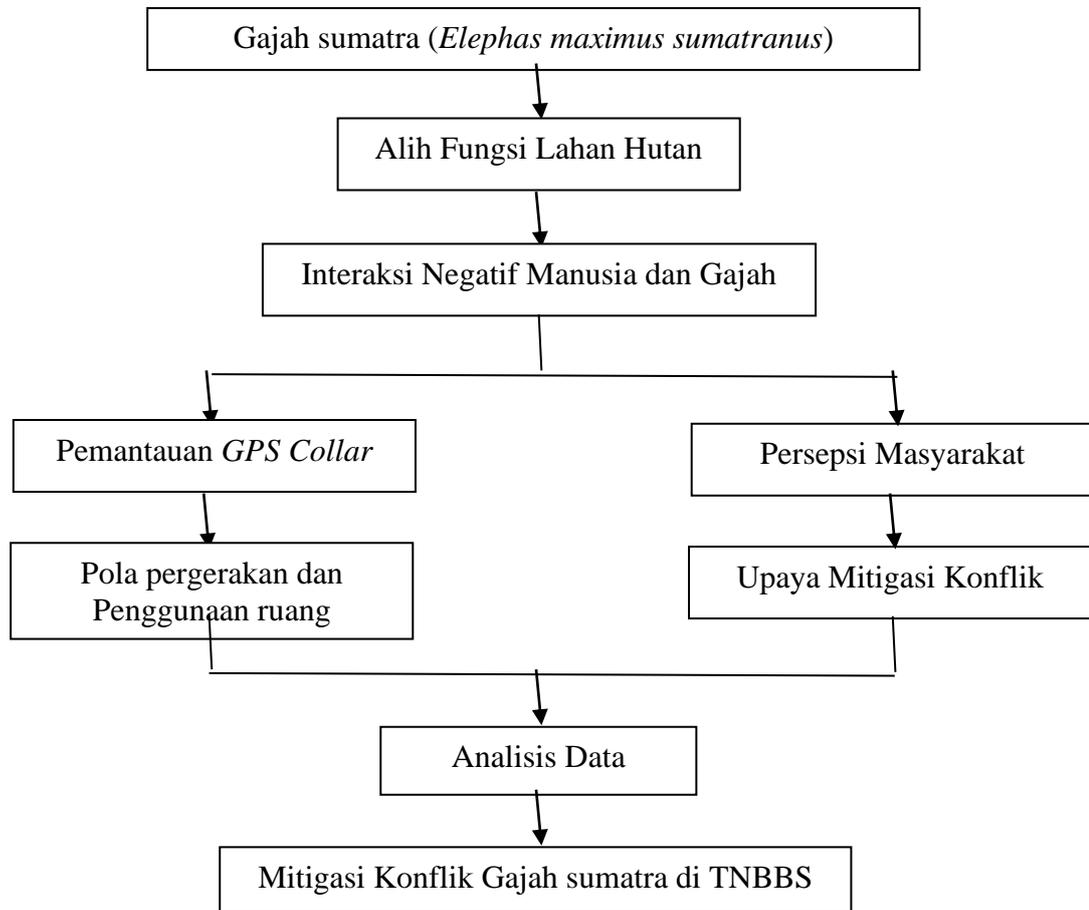
## **1.2 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis pola pergerakan dan penggunaan ruang gajah sumatra di Balai Besar Taman Nasional Bukit Barisan Selatan.
2. Menganalisis persepsi masyarakat terkait keefektifan penggunaan *GPS Collar* dalam mitigasi konflik di Balai Besar Taman Nasional Bukit Barisan Selatan.
3. Menganalisis mitigasi konflik yang dilakukan oleh masyarakat, mitra serta pihak Balai Besar Taman Nasional Bukit Barisan Selatan.

## **1.3 Kerangka Pemikiran**

Penelitian ini berbasis survei kuesioner untuk menggali informasi, persepsi, sikap dan perilaku masyarakat terhadap konflik yang terjadi, sehingga akan diperoleh model mitigasi konflik yang efektif berdasarkan pada karakteristik masyarakat dan tipe konflik yang terjadi. Kerangka pemikiran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Keadaan Umum Daerah Penelitian

Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) merupakan salah satu bagian dari rangkaian pegunungan Bukit Barisan Selatan di Pulau Sumatra, yang dikenal keberadaannya sebagai salah satu taman nasional dengan sisa ekosistem hutan dataran rendah yang cukup luas di Indonesia. Bukit Barisan ini memiliki berbagai tipe vegetasi diantaranya yaitu tipe vegetasi hutan pantai, hutan mangrove, hutan pamah tropika sampai dengan pegunungan di Sumatra. Kawasan ini telah dikukuhkan sebagai Taman Nasional melalui Surat Pernyataan dari Menteri Pertanian Indonesia No. 736/Mentan/X/ 1982, yang selanjutnya diperkuat melalui SK Menteri Kehutanan Indonesia No. 185/Kpts-II/ 1997 pada tanggal 31 Indonesia 1997, dengan ditetapkan namanya sebagai TNBBS. TNBBS merupakan kawasan lindung terbesar ketiga di Sumatra seluas 313.572,48 ha, dengan komposisi yang luar biasa dari tipe ekosistem hutan mencakup hutan pantai, hutan hujan dataran rendah, hutan hujan perbukitan, dan hutan pegunungan (BBTNBBS, 2018). TNBBS juga merupakan kawasan konservasi bagi flora dan fauna di Pulau Sumatra (Sayfullloh *et al.*, 2020).

TNBBS memiliki tipe hutan hujan dataran rendah yang umumnya memiliki keanekaragaman spesies yang tinggi. Berdasarkan kekayaan hayati yang luar biasa ini, status *The Rainforest Heritage Site (TRHS)* ditetapkan oleh UNESCO pada bulan Juli 2004 dan dengan dua taman nasional lainnya yaitu (TN Gunung Leuser dan TN Kerinci Seblat) sebagai *Cluster Natural World Heritage Site* dengan nama *The Tropical Rainforest Heritage of Sumatra (TRHS)*, dan pada bulan Juli 2007 TNBBS menjadi Taman Nasional Model melalui SK Dirjen PHKA Indonesia. 69/IV-Set/HO/2006 dan juga menjadi Balai Besar TN berdasarkan Permenhut Indonesia. P03/Menhut-II/2007 tanggal 1 Februari 2007.

TNBBS merupakan habitat penting bagi lebih kurang dari 22 jenis mamalia dan termasuk satwa kunci seperti badak sumatra (*Dicerorhinus sumatrensis* Fischer, 1814), harimau sumatra (*Panthera tigris sumatrae* Pocock, 1929), tapir (*Tapirus indicus* Desmarest, 1819), beruang madu (*Helarctos malayanus* Raffles, 1821), gajah asia (*Elephas maximus sumatranus* Temminck, 1847), ajag (*Cuon alpinus* Pallas, 1811), serta sebagian satwa langka seperti tokhtor sumatra (*Carpococcyx viridis* Salvadori, 1879) dan kelinci sumatra (*Nesolagus netscheri* Schlegel, 1880). Kegiatan perambahan hutan serta perburuan liar saat ini menjadi ancaman yang nyata terhadap tingginya keanekaragaman flora dan fauna di TNBBS (O'Brien dan Kinnaird, 1996; Kinnaird *et al.*, 2003).

Keanekaragaman tumbuhan yang ada di TNBBS meliputi sedikitnya 471 jenis spesies pohon, 24 jenis spesies liana, 15 jenis spesies bambu, 126 jenis spesies anggrek. Tipe hutan yang ada di TNBBS secara umum yaitu hutan hujan dataran rendah yang merupakan hutan hujan dengan tutupan kanopi yang tinggi dan lebat, serta bernilai ekonomi karena menghasilkan kayu-kayu besar, sehingga memiliki dampak menjadi sasaran eksploitasi manusia (BBTNBBS, 2014).

TNBBS berlokasi di ujung barat daya, tepatnya pada ( $4^{\circ} 31' - 5^{\circ} 57'$  LS dan  $103^{\circ} 34' - 104^{\circ} 43'$  BT), TNBBS terbentang di Provinsi Lampung, Bengkulu, dan sebagian kecil Sumatra Selatan. TNBBS secara langsung berbatasan dengan lima kabupaten yaitu Kabupaten Tanggamus, Pesisir Barat, Lampung Barat (ketiganya di Provinsi Lampung), Ogan Komering Ulu (Provinsi Sumatra Selatan), dan Kaur (Provinsi Bengkulu) dengan total sebanyak 73 desa yang mengelilingi perbatasan TNBBS disertai perkebunan kopi, damar, kelapa sawit, dan tanaman pertanian lainnya (BBTNBBS, 2014).

TNBBS memiliki wilayah bentuk yang sempit memanjang dengan keliling  $\pm 700$  km, sehingga menjadi sumber dan area tangkapan air untuk daerah barat daya Sumatra. Kawasan ini terakhir menunjukkan bahwa sudah terdapat sembilan jalan lintas yang memotong kawasan TNBBS (empat jalan resmi, lima belum berizin) yang menjadi permasalahan tersendiri terhadap konservasi hidupan liar di dalamnya (BBTNBBS, 2018).

TNBBS dikelola secara zonasi yang dibagi menjadi empat seksi pengelolaan, dua bidang pengelolaan dan 17 resort pengelolaan salah satunya adalah Resort Pemerihan. Resort pemerihan wilayahnya terletak di sebelah barat Provinsi Lampung dan termasuk ke dalam bagian TNBBS. Resort Pemerihan merupakan salah satu resort lingkup Seksi Pengelolaan Taman Nasional (SPTN) Wilayah II Bengkunt, Bidang Pengelolaan Taman Nasional (BPTN) Wilayah I Semaka, Kabupaten Pesisir Barat. Resort Pemerihan memiliki luas total sebesar 16.046,97 ha dengan panjang batas 45,10 km. Resort ini berupa dataran rendah hingga sedang dengan ketinggian 20 – 500 m dpl, sebagian besar daerah ini (43, 35 %) memiliki kelerengan lahan 0 – 8 % (Sugiharti *et al.*, 2017).

Resort Pemerihan di dalamnya memiliki tipe ekosistem yang cukup bervariasi meliputi ekosistem pantai, ekosistem rawa, ekosistem belukar, ekosistem mangrove, dan ekosistem hutan dataran rendah. Wilayah Resort Pemerihan sendiri dikelola dengan sistem zonasi meliputi zona inti (7422 Ha), zona rimba (7292 Ha), zona pemanfaatan (660 Ha, lokasi di Pekon Pemerihan), zona rehabilitasi (659 Ha perambahan di Sumberejo), dan zona khusus (Jalan Sanggi-Bengkunt dan Jalan Way Heni-Way haru).

## **2.2 *Global Positioning System (GPS) Collar***

*Global Positioning System (GPS)* merupakan salah satu teknologi sistem navigasi satelit yang berfungsi dengan baik dan banyak digunakan sampai saat ini. Sistem ini menggunakan sekitar 24 satelit yang digunakan untuk mengirimkan sinyal gelombang mikro ke bumi. Sinyal akan diterima oleh alat penerima yang diletakkan di permukaan bumi, dan digunakan untuk menentukan arah, posisi, kecepatan, dan waktu. Adapun sistem yang sama contohnya Galileo Uni Eropa, GLONASS Rusia, IRNSS India (Suryanto, 2012).

Teknologi *GPS* memungkinkan para peneliti untuk dapat mengevaluasi pergerakan satwa liar, penggunaan ruang, dan pemilihan sumber daya secara detail untuk waktu yang lama. Dua jenis kesalahan, perbaikan lokasi yang terlewat dan kesalahan lokasi, melekat pada telemetri *GPS* dan dapat mencondongkan kumpulan data lokasi. Karakteristik habitat dapat mempengaruhi kedua jenis kesalahan tersebut, tetapi tidak ada penelitian yang melaporkan

bagaimana rentang jarak tutupan kanopi dan dataran secara bersamaan mempengaruhi kesalahan lokasi pada pengenceran posisi yang berbeda dari presisi (PDOP) dan tingkat kualitas sinyal. Informasi ini dapat membantu dalam mengembangkan protokol untuk menghapus kesalahan lokasi besar dari kumpulan data *GPS* (Sukmantoro *et al.*, 2007).

Cara kerja dari *GPS Collar* yaitu perangkat merekam lokasi dengan bantuan *GPS* sehingga akan mendapatkan rekaman dari suatu daerah yang akan dijelajahi hewan dalam suatu periode waktu. *GPS* memiliki daya jangkauan yang beragam mulai dari jarak 2 km hingga 11 km. Namun perangkat ini memiliki kekurangan yaitu harganya yang mahal hingga puluhan juta per unitnya. Salah satu penggunaan *GPS Collar* untuk meneliti jangkauan jelajah kawanan gajah sumatra (Sabri *et al.*, 2014).

Beberapa tahun terakhir, perkembangan di Sistem Informasi Geografis (GIS), penginderaan jauh dan Sistem Penentuan Posisi Global (*GPS*) telah memungkinkan pengujian hipotesis yang berkaitan dengan potensi distribusi hewan secara luas skala spasial (Phillips, 2006).

Selain itu, perkembangan pelacakan dengan *GPS* dalam beberapa tahun terakhir telah memungkinkan untuk memperoleh data pergerakan untuk spesies hewan tertentu. Dengan demikian SIG dan penginderaan jauh sekarang dapat diterapkan untuk meningkatkan pemahaman kita tentang hewan yang terjadi di dekat lubang air maupun lebih jauh dari air (Ndaimani *et al.*, 2017).

Sumber kesalahan dan bias sekunder dalam radio telemetry *GPS* data adalah kesalahan lokasi, yang merupakan perbedaannya antara lokasi yang direkam (yaitu data kerah) dan lokasi sebenarnya. Sementara radio-telemetry *GPS* tidak dikoreksi data telah terbukti cukup untuk banyak orang yang mengaplikasikannya dalam penelitian satwa liar ( $\pm 31$  m 95 % dari waktu; D'Eon *et al.*, 2002).

Salah satu teknik untuk melihat atau memantau tentang pergerakan gajah dan perilaku dari populasi gajah tersebut di habitatnya terkini yaitu dengan memanfaatkan *GPS Collar*. Manfaat dari penggunaan *GPS Collar* yaitu sebagai bagian dalam memantau populasi gajah sumatra di alam dan melihat pola pergerakan dan perilaku hariannya, sehingga informasi ini berguna dalam mengembangkan manajemen populasi dan habitat gajah sumatra di alam dan

*Mapping* wilayah pergerakan gajah. Selanjutnya sebagai upaya memetakan periode pergerakan gajah dan lokasi-lokasi pergerakan gajah terutama di lahan-lahan masyarakat. Pemetaan sangat berguna dalam mengembangkan pengelolaan konflik antara gajah – manusia dan menentukan strategi mitigasi konfliknya. Kemudian sebagai bagian dalam menentukan cakupan ekosistem gajah sumatra di alam untuk strategi pembangunan kabupaten dan provinsi dalam RTRWK dan RTRWP (Sukmantoro *et al.*, 2017).

Studi terkait *GPS Collar* untuk gajah asia pada individu yang berbeda telah dilakukan di lokasi yang berbeda, seperti di wilayah Sri Lanka India, Sabah Kelompok Gajah Pygmy Indonesia (*Elephas maximus borneensis*) dan Sumatra untuk sub spesies gajah sumatra. Sedangkan untuk gajah sumatra, telah ada studi dengan menggunakan *GPS Collar* di wilayah Bengkulu (provinsi) oleh Sitompul (Sitompul, 2011).

Hasil dari pemasangan *GPS Collar* berupa data yang dikirimkan ke server berupa titik-titik koordinasi gajah betina yang dipasang *GPS Collar* berdasarkan satuan waktu, waktu saat koordinat itu terdeteksi satelit (satu hari, terdapat kiriman 1-3 kali, tim gajah menerima sinyal koordinat dari satelit) dan posisi dari titik koordinat dengan lokasi terdekat. Kemudian, titik-titik koordinat yang berhasil dikumpulkan dimasukkan ke dalam analisa GIS untuk ditampilkan secara spasial dan diukur jarak perjalanan gajah tersebut dari satu titik ke titik yang lain (Sukmantoro *et al.*, 2017).

### **2.3 Bioekologi Gajah Sumatra (*Elephas maximus sumatranus*, Temminck 1847)**

Gajah merupakan salah satu satwa mamalia besar memamah biak. Gajah merupakan satwa herbivora yang bertipe *browser* (hampir seluruh tipe organ tumbuhan dimakan yaitu daun, ranting, kulit kayu, buah-buahan dan akar) meskipun sebagian gajah juga memakan rumput-rumputan. Kegiatan kehidupan sehari-hari yaitu gajah selalu bersama-sama dengan kelompoknya terutama betina. Gajah jantan relatif menyendiri (soliter) atau hidup secara individu. Masa kawin merupakan ajang pertemuan antara jantan dewasa dan betina dewasa untuk

meneruskan keturunannya. Gajah memiliki sifat matrilineal karena betina dewasa yang menjadi pemimpin kelompok (Sukmantoro *et al.*, 2017).

Sejarahnya gajah sumatra merupakan *sub spesies* dari gajah asia (*Elephas maximus*) dengan nama ilmiah yang diperkenalkan oleh Temminck (*Elephas maximus sumatranus* Temminck, 1847) (Sari, 2010). Taksonomi gajah sumatra, yaitu.

Kingdom : Animalia  
 Phylum : Chordata  
 Sub Phylum : Vertebrata  
 Class : Mammalia  
 Order : Proboscidea  
 Family : Elephantidae  
 Genus : Elephas  
 Species : *Elephas maximus*  
 Sub species : *Elephas maximus sumatranus* Temminck, 1847

#### 2.4 Morfologi Gajah Sumatra

Subspesies gajah sumatra mempunyai ukuran tubuh yang lebih kecil daripada saudaranya gajah afrika atau gajah asia yang lain (Sari, 2010). Seluruh dunia mengakui bahwa terdapat dua spesies gajah yang diakui, diantaranya yaitu gajah afrika (*Loxodonta africana*) dan gajah asia (*Elephas maximus*). Pada gajah afrika terdapat telinga yang besar, kulit yang lebih berkerut, daerah perut yang miring, punggung yang cekung, dan dua perpanjangan yang seperti jari di ujung belalai (Febryano *et al.*, 2018).

Hewan yang tubuhnya paling besar di wilayah daratan, gajah memiliki berat tubuh mencapai 5 ton dengan tinggi mencapai 3,7 meter di mana gajah memiliki wilayah jelajah yang luas yaitu dapat mencapai 100 hingga 800 km<sup>2</sup>, bahkan gajah lain mampu lebih jauh dari itu. Dilihat dari besaran tubuh, gajah Indonesia dapat dikatakan sebagai gajah terkecil. Untuk itu, bahasa Inggrisnya adalah *Bornean Pygmy Elephant* (Sukmantoro *et al.*, 2017).

Gajah memiliki ukuran kepala yang besar dengan leher pendek serta memiliki mata yang bergantung pada kelenjar harderian untuk menjaga

kelembapan, hal ini karena gajah tidak memiliki kelenjar air mata. Gajah sumatra jantan memiliki gading yang panjang. Pada betina, hampir tidak ada gadingnya dan jika ada gadingnya pendek hampir tidak kelihatan. Perbedaan mencolok dengan gajah afrika yaitu gajah jantan dan betina sama-sama memiliki gading. Gajah sumatra memiliki berat sekitar 3-5 ton dengan tinggi mencapai 2-3 meter. Kuping gajah sumatra lebih kecil dan berbentuk segitiga sedangkan gajah afrika kupingnya besar dan berbentuk kotak (Febryano *et al.*, 2018).

Gading gajah berfungsi sebagai alat perlindungan serta pertahanan diri dan dapat digunakan untuk menggali tanah untuk mencari garam, menemukan air, menandai pohon. Gading gajah berganti pada saat gajah menginjak usia 6-12 bulan dan kemudian untuk gading akan tumbuh 17 cm per tahun (Sukmantoro *et al.*, 2017).

Gajah memiliki kulit yang sangat keras, dengan ketebalan mencapai 25 cm pada bagian kepala dan bagian punggungnya. Warna kulit gajah biasanya cenderung abu-abu, akan tetapi terdapat perbedaan dengan gajah afrika yang warna kulitnya kecoklatan atau kemerahan. Dipigmentasi pada gajah asia mungkin biasanya akan terlihat pada kulitnya, terutama di dahi, telinga, dan kulit di sekitarnya. Pada anak gajah terdapat rambut yang berwarna kecoklatan atau kemerahan, terutama di bagian kepala dan punggungnya. Apabila gajah sudah tumbuh dewasa, rambut mereka akan menjadi lebih gelap dan jarang, tetapi sebaran rambut dan bulu yang padat masih dapat ditemui di dagu, ujung ekor, alat kelamin, dan di sekitar mata dan bukaan mata. Gajah asia umumnya memiliki lebih banyak rambut daripada gajah afrika (Febryano *et al.*, 2018).

## **2.5 Aktivitas Harian dan Reproduksi**

Gajah memiliki aktivitas harian paling banyak adalah makan. Karena hampir setiap saat selalu makan dan gajah memiliki metabolisme makanan yang nantinya akan diproses di dalam feses dan dikeluarkan sehingga membutuhkan waktu relatif cepat, maka dari itu Indonesia laju gajah buang kotoran (laju defekasi) cukup sering yaitu antara 12 – 19 kali per hari. Selain itu gajah aktif pada malam hari sehingga gajah disebut hewan nokturnal walaupun setidaknya

terdapat 3-4 jam gajah untuk melakukan istirahat tidur di malam hari (Sukmantoro *et al.*, 2017).

Selain gajah termasuk golongan nokturnal gajah juga merupakan hewan poligini yaitu gajah jantan yang soliter bertemu kelompok betina untuk kawin dan musim kawin biasanya pada puncak musim hujan. Pada gajah betina yang sedang dalam siklus estrus akan sering mengeluarkan feromon di air seni dan juga sekresi vaginal lainnya untuk menunjukkan bahwa gajah betina siap berkawin sedangkan pada gajah jantan akan mengeluarkan respon flehmen. Pada siklus estrus gajah betina akan berlangsung kurang lebih 14-16 minggu dengan fase folikular selama 4-6 minggu dan fase luteal selama 8-10 minggu. Gajah jantan memiliki kebiasaan perilaku yang disebut “menjaga pasangannya”, yaitu pada saat mereka mencari perhatian atau mengikuti kemanapun betina yang sedang dalam siklus estrus dan menjaganya dari jantan lain. Hal ini biasanya dilakukan oleh jantan yang sedang mengalami *musth*, dan betina secara aktif berupaya agar dijaga oleh mereka, terutama yang lebih tua (Sukmantoro *et al.*, 2017).

## **2.6 Habitat dan Pakan**

Gajah merupakan salah satu jenis satwa yang terbesar yang ada di bumi. Sesuai dengan besar tubuhnya, gajah memiliki porsi makan yang banyak juga. Gajah memiliki pakan yang sebagian besar berada di dalam kawasan hutan. Gajah juga sangat membutuhkan kawasan hutan sebagai tempat hidup, berkembang biak, berlindung berkubang dan sebagainya. Ancaman nyata bagi kehidupan populasi gajah yaitu kerusakan hutan yang terus terjadi. Kondisi ini membuat gajah harus mampu bertahan hidup dan terus melanjutkan kehidupannya meski dengan habitatnya yang sudah mulai punah (Nuryasin *et al.*, 2014).

Kehidupan suatu spesies memerlukan dukungan dalam kesatuan kawasan yang dapat menjamin segala keperluan hidupnya baik makanan, air, udara bersih, garam mineral, tempat berlindung, berkembang biak, maupun tempat untuk mengasuh anak. Kawasan yang terdiri dari berbagai komponen baik fisik maupun biotik, yang memerlukan suatu kesatuan dan digunakan sebagai tempat dalam hidupnya dan berkembang biak satwa disebut habitat (Alikodra, 1990).

Suatu habitat terbentuk karena hasil dari interaksi komponen fisik maupun biotik. Kehidupan satwa liar secara tidak langsung dibentuk dari komponen-komponen tersebut. Komponen-komponen fisik terdiri dari vegetasi, mikro dan makro fauna, serta manusia (Alikodra, 1990).

Gajah memiliki habitat pada seluruh hutan di Pulau Sumatra (Kamaluddin *et al.*, 2019) mulai dari Lampung sampai Provinsi Aceh, mulai dari hutan basah berlembah, hutan payau di dekat pantai sampai hutan pegunungan pada ketinggian 2000 m (Abdullah *et al.*, 2012). Namun ketika kondisi habitat rusak, gajah sumatra melakukan aktivitas untuk mendapatkan makanan dan *cover* dengan mencari hutan lain yang lebih baik dan lebih luas (Fadillah *et al.*, 2014).

Dominasi dari jelajah harian gajah sumatra berada pada daerah yang memiliki tutupan lahan hutan dan semak belukar sehingga dapat dikatakan bahwa daerah tersebut memiliki sumber pakan yang cukup melimpah. Selain itu yang dapat menjadi alasan dipilihnya jenis tutupan lahan yaitu dari fungsi pelindung (*cover*) bagi gajah. Gajah cenderung memilih tutupan lahan hutan yang dapat digunakan yang memiliki tutupan lahan lebat tersebut untuk digunakan sebagai *cover* oleh gajah sumatra pada jelajah hariannya, baik pelindung dari sinar matahari langsung maupun sebagai pelindung dari gangguan atau ancaman (Rohman *et al.*, 2019).

Habitat gajah yang sering digunakan adalah kemiringan yang landai (0-20°), jarak ke hutan primer yang dekat yaitu 0-500 m, jarak ke sumber air yang dekat dari tempat mereka menggunakan habitat (0-250 m), lahan dengan ketinggian mulai dari range 0-400 m, ketersediaan pakan yang banyak (75 %), ketersediaan pohon gosok badan dengan jumlah yang jarang (< 3 pohon). Faktor ini disukai karena gajah lebih mudah bergerak dan melindungi anaknya dari predator dan lebih mudah mendapatkan makanan secara kelompok atau soliter, serta menghindari areal yang berat dan pegunungan (Abdullah *et al.*, 2012).

Jarak jelajah gajah memberikan petunjuk dari ketersediaan sumber daya penting seperti air dan makanan (Osborn, 2004). Hasil penelitian pada gajah afrika menunjukkan ada kaitan yang kuat antara ruang jelajah dengan iklim. Namun gangguan manusia juga memiliki pengaruh yang signifikan pada jangkauan jelajahnya. Hasil penelitian terdapat dua individu gajah betina yang

terdeteksi dari *GPS Collar* di Utara Kamerun mempunyai wilayah jelajah 3066 km<sup>2</sup> dan 2484 km<sup>2</sup>. Luas wilayah jelajah ini dipengaruhi oleh konflik gajah dengan manusia di lokasi tersebut. Akibatnya daya jelajah dari gajah berkurang karena terjadinya konflik yang memaksa gajah harus berpindah ke lokasi lain untuk menghindari konflik. Curah hujan juga mempengaruhi pergerakan dan jelajah gajah selain dari gangguan manusia. Kondisi ini memungkinkan keterkaitan antara luas wilayah jelajah dan jarak pergerakan gajah asia dengan curah hujan akibat gangguan manusia dan ketersediaan makanan dan air di wilayah tropis sama dengan kondisi di Afrika.

Gajah mencari makan dengan mempertimbangkan lokasi dan menghindari terik matahari agar dapat optimal menghabiskan waktu di hutan dengan kerapatan tinggi pada siang hari dan keluar ke hutan bukaan (hutan sekunder) pada saat sudah sejuk barulah gajah keluar untuk mencukupi kebutuhan pakan hariannya (Soeriatmadja, 1982 : 4). Pakan gajah mengalami penurunan di alam akibat kerusakan hutan semakin banyak, sehingga dengan terpaksa gajah sumatra akan mencari alternatif makanan dengan cara menyusur area perkebunan, areal budidaya pertanian dan perladangan penduduk serta daerah pemukiman (Fadillah *et al.*, 2014). Gajah sumatra juga akan melakukan serangan terhadap pemukiman dan juga menyerang manusia (Alikodra, 1990).

Gajah sumatra merupakan satwa liar yang suka mengembara. Gajah sangat jarang menetap di suatu wilayah tertentu, karena gajah selalu berpindah-pindah dari satu tempat ke tempat lain untuk mendapatkan makanan. Maka dari itu gajah terus bergerak menyusuri *home range*-nya untuk mendapatkan makanan lebih. Apabila ketersediaan makanan di habitat tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhannya maka gajah akan bergerak mencari makanan pada daerah lain di sekitar habitatnya. Kondisi ini berpotensi menimbulkan konflik di lokasi sekitar habitat gajah bahkan sampai masuk ke pemukiman masyarakat (Nuryasin *et al.*, 2014). Menurut penelitian Susetyowati (1987), gajah dewasa memiliki kebutuhan pakan mencapai 200-300 kg/hari sedangkan 200 liter/hari untuk kebutuhan air minumnya. Ketersediaan pakan gajah saat ini sudah semakin sedikit di habitatnya dikarenakan kompetisi dan juga terjadi perubahan kondisi hutan serta adanya perambahan hutan oleh masyarakat.

Makanan yang disukai gajah menurut masyarakat diantaranya yaitu umbut sawit, kulit karet, nangka, jengkol, batang pisang, dan tanaman yang berbuah manis atau bergetah putih. Sementara jenis tanaman yang tidak disukai oleh gajah yaitu tanaman seperti pinang dan tanaman berkayu keras. Masyarakat berpendapat bahwa tanaman tersebut membuat gajah mabuk, sehingga gajah hanya membuat tumbang atau merusak tanaman tersebut tanpa memakannya (Yoza *et al.*, 2018). Hal ini sejalan dengan penelitian Berliani *et al* (2016) yang menyatakan bahwa tanaman kopi tidak disukai oleh gajah karena bau dan rasanya tidak disukai oleh gajah.

Tanaman-tanaman yang ditemui pada lokasi konflik gajah dan manusia diantaranya padi, jagung, singkong, kelapa, pisang, kakao, lada, kacang tanah, cabe dan kopi. Berdasarkan hasil temuan di lapangan diketahui beberapa dari jenis tanaman tersebut merupakan pakan yang disukai gajah sumatra (*Elephas maximus sumatranus*) seperti pisang, jagung, padi dan kacang tanah. Hal ini diperoleh dengan bukti adanya kerusakan tanaman dan bagian tanaman yang dimakan oleh gajah sumatra (*Elephas maximus sumatranus*). Sedangkan, kakao, kelapa, lada, cabai dan kopi hanya dirusak tetapi tidak dimakan (Sukmara dan Dewi, 2012).

## **2.7 Konflik Manusia dengan Gajah**

Perubahan bumi lebih banyak disebabkan oleh perilaku manusia yang tidak bertanggung jawab. Hutan dan daerah lainnya menyusut, kawasan hijau berubah menjadi gurun, sungai mulai tercemar, dan danau-danau pun mulai surut. Hasil penelitian menyatakan bahwa manusia menghabiskan 40 % produksi primer bumi atau material hijau, mengonsumsi 35 % hasil hutan, dan menggunakan 60 % persediaan air tawar (Sanderson *et al.*, 2002). Manusia adalah faktor perubahan terbesar dalam sejarah evolusi bumi, penggunaan sumber daya tanpa kebijaksanaan dapat mengarah pada kepunahan massal keenam.

Pulau Sumatra merupakan pulau terbesar kedua di Indonesia dan kelima di dunia yang mengalami laju deforestasi tercepat diantara pulau-pulau lainnya, sementara Sumatra memiliki lebih banyak spesies mamalia (201 Jenis) dibandingkan pulau lain di Indonesia. Maka sebagian besar spesies tersebut

sangatlah bergantung pada ekosistem hutan (Kinnaird *et al.*, 2003). Beberapa mamalia yaitu badak sumatra, gajah sumatra. Hal tersebut menegaskan pentingnya konservasi hutan-hutan Pulau Sumatra (Kinnaird *et al.*, 2003).

Hilangnya hutan di Pulau Sumatra disebabkan banyak faktor, antara lain pembalakan ilegal maupun legal, perkebunan kelapa sawit dan bahan baku *pulp*, konversi lahan menjadi agrikultur, dan kebakaran hutan. Kepungan hutan dataran rendah Sumatra akan menghasilkan bentukan lansekap yang didominasi semak belukar dan pertanian. Jika hal ini terjadi, mamalia besar sumatra terdesak menuju kepunahan (Kinnaird *et al.*, 2003).

Konflik manusia dan gajah salah satunya yaitu pengurangan habitat gajah secara nyata terlihat karena adanya perubahan dari habitat gajah menjadi perkebunan *monokultur* (sawit dan karet) yang telah menghancurkan habitat gajah sumatra. Hal ini membuat gajah terperangkap dalam plot-plot kecil hutan yang tidak cukup untuk mendukung memenuhi kebutuhan hidupnya dalam jangka panjang. Hal tersebut menjadi pemicu terjadinya konflik antara manusia dengan gajah (Nuryasin *et al.*, 2014).

Akibat dari konflik gajah-manusia banyak menimbulkan kerugian-kerugian mulai dari pihak manusia maupun gajah. Kerugian yang manusia alami berupa kerugian harta dan jiwa. Kerugian harta yang dialami seperti: rusaknya pagar rumah, rusaknya kebun, tanaman pertanian, rumah, ternak dan lain-lain. Kerugian manusia secara fisik seperti adanya luka, cacat fisik maupun kematian. Dampak konflik terhadap gajah itu sendiri antara lain, kematian, pengusiran dan juga cacat fisik (Nuryasin *et al.*, 2014).

Kedatangan gajah sama sekali tidak dapat diprediksi waktunya, dari hasil wawancara yang dilakukan sebanyak 83,34 % responden mengatakan musim kedatangan gajah tidak menentu waktunya, sehingga masyarakat harus tetap waspada dengan kedatangan gajah yang tidak dapat diprediksi. Masyarakat selalu berusaha agar kerusakan tanaman yang dialami dapat diminimalisir. Saat ini masyarakat terus berharap kepada pemerintah agar dapat memberikan solusi terbaik bagi mereka (Nuryasin *et al.*, 2014).

Selain merusak tanaman, gajah juga merusak pondok dan rumah milik masyarakat, terutama pondok dan rumah yang berada di areal kebun yang menjadi

lintasan gajah. Kejadian penyerangan ini sering terjadi saat gubuk/rumah ditinggalkan oleh pemiliknya. Menurut penilaian dari masyarakat gajah yang merusak pondok dan rumah milik masyarakat yaitu untuk mencari makanan asinan seperti (minyak goreng, garam-garaman, beras, dsb). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Purnama (1994), bahwa gajah memiliki kebiasaan memakan bahan yang mengandung garam-garaman seperti: Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Kalium (K) dan garam-garam lainnya yang umumnya dikenal dengan *salt-lich* (Nuryasin *et al.*, 2014).

Pemerintah Indonesia mengembangkan peraturan baru untuk mengurangi konflik manusia-gajah pada tahun 2008. Hal pertama yang dilakukan yaitu menghalau gajah dari daerah konflik dengan menggunakan metode yang biasa digunakan untuk mendeteksi dan mencegah gajah sebelum gajah memasuki wilayah pertanian. Peraturan ini mengharuskan agar metode tersebut diterapkan terlebih dahulu sebelum melakukan tindakan penangkapan atau memindahkan gajah. Berdasarkan peraturan yang ada, masyarakat telah berusaha dengan berbagai cara dan teknik untuk mengurangi konflik manusia-gajah. Namun, cara dan teknik yang dilakukan setiap daerah memiliki keberhasilannya masing-masing sesuai dengan karakteristik gajah. Hal ini bergantung pada keadaan ekosistem lahan dan perilaku gajah yang datang ke wilayah pertanian atau perkebunan (Berliani *et al.*, 2015).

Tipe konflik manusia-gajah yang terjadi tidak sama pada setiap daerah sehingga pemilihan mitigasi juga berbeda. Ada beberapa tipe konflik manusia-gajah mulai dari tipe konflik ringan dan jarang terjadi, tipe konflik berat dan sering terjadi, sampai tipe konflik yang sangat parah. Jadi, dalam menanggulangi tipe konflik tersebut maka harus diperhatikan kondisi habitat atau status kawasan yang memiliki populasi gajah sehingga dapat ditentukan pemilihan mitigasi konflik manusia-gajah yang sesuai pada daerah yang berbeda. Sejalan dengan hal tersebut, tidak ada solusi tunggal dalam mengatasi konflik antara manusia satwa liar dan tindakan penanggulangannya merupakan sesuatu yang kompleks karena menuntut rangkaian kombinasi berbagai solusi potensial yang tergabung dalam sebuah proses penanggulangan konflik yang komprehensif (Berliani *et al.*, 2015).

Terjadinya konflik manusia dan gajah sumatra sudah sering terjadi di sekitar kawasan TNBBS seperti salah satunya di daerah Pemerihan. Sering terjadinya konflik gajah dan manusia di perbatasan kawasan TNBBS, karena secara tidak langsung (alami) gajah akan keluar hutan pada saat tertentu mengikuti wilayah *home range*-nya. Apabila gajah keluar dari kawasan TNBBS dengan frekuensi dan intensitas yang tinggi tentu akan menimbulkan kerugian bagi masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan TNBBS sehingga, diperlukan tindakan untuk mitigasi konflik agar gajah kembali ke kawasan TNBBS dengan cara-cara yang tidak mencelakai gajah sumatra tersebut. Kegiatan monitoring pergerakan dan pencatatan waktu atau musim gajah sumatra ke luar dari hutan perlu dilakukan, sehingga pihak TNBBS memiliki data rute pergerakan gajah sumatra dan berapa lama berada pada suatu tempat dapat diprediksi dan termonitor secara baik (Sukmara dan Dewi, 2012).

## **2.8 Mitigasi Konflik**

Mitigasi konflik pada beberapa daerah memiliki perbedaan dari segi bahan hingga cara mitigasi. Maka dari itu baik pemerintah daerah, maupun Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan serta pemangku kepentingan lainnya bisa bekerja sama dalam melakukan mitigasi konflik yang baik. Sampai saat ini mitigasi konflik gajah dan manusia masih menggunakan sistem kanal, parit, pagar listrik, serta melakukan patroli rutin guna meningkatkan mitigasi yang baik. Walaupun demikian, teknik yang disebutkan di atas memiliki kelemahan masing-masing. Mitigasi dengan membentuk kelompok *Flying squad* dan juga CRU (*Conservation response Unit*) serta ERU (*Elephant Response Unit*) merupakan teknik mitigasi konflik yang terbilang lebih baik karena bersifat lebih dinamis dan mampu menurunkan angka konflik mencapai 64 % (Sukmantoro *et al.*, 2017).

Mitigasi konflik gajah dengan manusia tidak hanya berbicara penggunaan teknik dan alat untuk pengusiran atau penggiringan atau dengan mempergunakan pembatas yaitu parit gajah maupun pagar kawat berlistrik (*electric fencing*), tetapi dengan pengembangan lansekap atau wilayah yang berbasiskan koeksistensi terhadap gajah misalnya mendorong pembagian ruang bagi habitat gajah sekaligus

mengembangkan mitigasi konflik yang lebih terintegrasi (Sukmantoro *et al.*, 2017).

Metode lain yang lebih sederhana yaitu menggunakan lebah yang sedang bersarang, menggunakan cabe untuk mengusir gajah dengan dibakar atau dicampur oli atau dengan kotoran gajah dan dibakar. Penggunaan kotoran hewan juga digunakan dengan mengoleskan ke tali tambang dan kain yang diikat kemudian ditambah oli dan direntangkan sebagai pagar mitigasi. Kemudian, penggunaan parit gajah. Metode lain adalah dengan menggunakan lampu yang kuat dan si pengguna di atas menara kemudian diarahkan kepada mata gajah (Sukmantoro, 2019). Adapun metode pengusiran dan penggiringan gajah liar dengan menggunakan gajah jinak (*kunkies*) (Hiten 2012; Sukmantoro *et al.*, 2011; Enuwa 2017).

Metode lainnya yaitu penggunaan parit gajah atau pembatas menggunakan sungai, *electric fencing* (kawat dengan arus kejut), menggunakan cabe (*chili fencing*), menggunakan gajah jinak untuk mengusir dan menggiring gajah (seperti *flying squad* di Riau), atau meriam karbit atau kembang api. Teknik-teknik ini praktis dipakai oleh perusahaan dan masyarakat di seluruh Sumatra. Ada Pula dengan cara relokasi gajah ke lokasi yang aman, tetapi teknik ini ditinggalkan karena menyebabkan kematian gajah liar dan tidak ada lokasi lagi untuk menempatkan gajah secara aman kecuali dijinakkan. Intinya mitigasi konflik ini memaksa gajah memisahkan diri terhadap kehidupan manusia dan mengurangi kerugian manusia (Sukmantoro *et al.*, 2017).

Masyarakat di Aceh yang mengalami konflik manusia-gajah, tercatat telah melakukan upaya dalam menghadapi gangguan gajah yang datang ke lahan pertanian atau perkebunan. Upaya yang dilakukan masyarakat petani sangat beragam, mulai dengan menggunakan cara supranatural, berlari menjauh, berteriak, memukul drum, menghidupkan petasan/meriam/obor, membuat pagar berduri, membuat pagar cabai dan membuat parit. Semua dilakukan agar gajah tidak melukai manusia dan sebaliknya manusia tidak melukai gajah (Berliani *et al.*, 2015).

Ada beberapa masyarakat di Kecamatan Mane, Pante Ceureumen dan Meureudu menggunakan cara unik dan terbilang jarang atau kurang lazim yaitu

dengan menggunakan supranatural, mereka menganggap upaya tersebut merupakan cara yang efisien karena tidak memerlukan waktu lama untuk mengusir gajah dan terbilang mudah. Namun upaya seperti itu hanya dipraktikkan oleh orang-orang tertentu saja karena hal ini bertentangan dengan paham masyarakat yang mayoritas muslim. Walaupun, setiap upaya mitigasi konflik memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. upaya mitigasi yang dilakukan suatu daerah belum tentu cocok digunakan pada daerah lain. Hal ini disebabkan adanya pertimbangan yang mengarah pada kepentingan ekologis, sosial dan ekonomi daerah tersebut (Berliani *et al.*, 2015).

Selain mitigasi konflik di atas ada juga mitigasi konflik yang lainnya, yaitu membentuk tim patroli gajah atau *Elephant Patrol Team*. Tim ini dibentuk untuk melakukan kegiatan patroli gajah, mengidentifikasi keberadaan gajah dan juga mengamankan kawasan TNBBS dari kegiatan-kegiatan ilegal (perburuan, perambahan, dan *illegal logging*). Kemudian kegiatan monitoring pergerakan kelompok gajah (*E. Maximus sumatranus*) yang ada di sekitar wilayah kerja dan membantu masyarakat melakukan mitigasi konflik yang sedang terjadi. Serta melakukan identifikasi wilayah jelajah patroli dan kegiatan patroli gajah menjadi salah satu *object site* untuk ekowisata (Marcelina *et al.*, 2018). *Tracking* melintasi wilayah jelajah gajah dan melihat proses pengusiran gajah pada malam hari adalah salah satu aktivitas wisata yang dapat dilakukan (Febryano *et al.*, 2019).

Wilayah kerja dari *Elephant Patrol Team* yaitu di sepanjang perbatasan kawasan TNBBS pada Resort Pemerihan SPTN Wilayah II Bengkunt. Pos Jaga Resort Pemerihan sekaligus menjadi lokasi *Elephant Patrol camp*, yang merupakan salah satu dari dua pos jaga yang menjadi pintu masuk jalan Sanggi-Bengkunt yang menembus kawasan TNBBS, sehingga akan dapat memperkuat pengawasan secara langsung kegiatan ilegal yang mungkin terjadi di dalam kawasan (Sukmara dan Dewi, 2012). Selain itu terdapat menara pantau yang di bangun oleh masyarakat dan petugas untuk membantu dalam kegiatan pemantauan gajah.

## 2.9 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh atau indera (*remote sensing*) merupakan seni dan ilmu untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan menggunakan piranti tanpa melakukan kontak langsung dengan objek, daerah ataupun fenomena yang dikaji (Sutanto, 2013).

Penginderaan jauh merupakan sebuah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi mengenai objek, area atau kejadian (Lillesand, *et al.* 2004).

Penginderaan Jauh secara sederhana merupakan teknik pengambilan objek di permukaan bumi dari udara dengan memanfaatkan bantuan sensor. Saat ini Penginderaan jauh dapat dikatakan semakin berkembang pesat. Mulai dari bertambahnya citra baru dan gratis untuk diakses siapa saja hingga pemanfaatannya yang kian bervariasi untuk diaplikasikan atau dimanfaatkan di berbagai tema atau bidang.

Penginderaan jauh sangat bermanfaat dalam mengurangi kegiatan survei terestrial saat melakukan inventarisasi dan monitoring sumber daya alam dan lingkungan. Penginderaan jauh makin banyak dimanfaatkan karena berbagai macam alasan diantaranya karena dapat menggambarkan obyek di permukaan bumi dengan wujud dan letak obyek yang mirip dengan aktualnya, selain itu gambar juga dapat memberikan efek tiga dimensi jika dilihat dengan stereoskop. Penginderaan Jauh juga dimanfaatkan di berbagai bidang mulai dari bidang meteorologi dan klimatologi, bidang kependudukan, kehutanan, bidang kelautan (oseanografi), penggunaan lahan dan masih banyak lagi

Penginderaan jauh dengan radar ini adalah pencitraan dengan memancarkan radiasi gelombang radar ke suatu permukaan bumi yang dicitrakan. Citra permukaan bumi dibentuk oleh pantulan atau hamburan energi gelombang radar dari permukaan daratan maupun perairan dan sinyal gelombangnya dikembalikan lagi ke sensor. Kelebihan dengan menggunakan pencitraan ini adalah perekamannya dapat dilakukan pada kondisi siang dan malam hari, serta penetrasi gelombangnya dapat menembus awan, pepohonan serta perairan dangkal tergantung dari jenis *band* yang digunakan (Pradipta, 2015).

Teknologi penginderaan jauh memberikan akses penyediaan data vertikal secara cepat dan relatif akurat (Arnanto, 2013) berbasis citra satelit untuk

pemanfaatan analisis klasifikasi tutupan lahan, tipe tanah, klasifikasi tipe hutan, pemetaan tutupan salju, klasifikasi jenis es lautan hingga oseanografi (Gandhi *et al.*, 2015). Beberapa satelit menyediakan sensor dengan kepekaan dan kemampuan untuk menonjolkan spektral vegetasi sebagai indeks vegetasi dan mengeliminasi nilai spektral non-vegetasi (Danoedoro, 1983; Arnanto, 2013). Hal tersebut menjadikan penginderaan jauh sebagai salah satu metode ideal untuk menentukan kondisi dan keberadaan vegetasi pada suatu wilayah (Yunhao *et al.*, 2006).

Konsep dalam penginderaan jauh yang menerangkan bahwa objek-objek dimuka bumi memiliki karakteristik pantulan spektral yang khas terhadap sumber energi yang datang, memungkinkan studi vegetasi ini dilakukan. Transformasi indeks vegetasi merupakan salah satu teknik analisis citra yang sering dilakukan dalam analisis vegetasi secara umum, terdapat banyak jenis transformasi indeks vegetasi yang dapat digunakan (Frananda *et al.*, 2015).

Komponen berupa objek, fenomena, atau keadaan permukaan bumi yang sangat bervariasi. Setiap kenampakan di permukaan bumi dapat dilacak informasinya karena setiap objek memiliki karakteristik spektral tersendiri dalam interaksinya dengan tenaga yang mengenainya, sehingga menimbulkan perbedaan jumlah tenaga yang dipantulkan. Sensor yang terpasang pada wahana, fungsinya sebagai alat perekam tenaga dalam sistem penginderaan jauh. Saat ini teknologi penginderaan jauh sudah semakin canggih, sehingga dapat mendeteksi sebaran vegetasi pada suatu wilayah, pola sebaran vegetasi, kerapatan vegetasi serta luas vegetasi (Nabila, 2019).

Perkembangan sensor penginderaan jauh bermula pada tahun 1600-an saat Aristotle mengembangkan kamera Obscura (Simonnet, 1983). Penelitian dan pengembangan kamera Obscura dilanjutkan oleh Leonardo Da Vinci, Levi BenGerson, Roger Bacon, Johan Zahr dan Daniel Barbara. Pada 1899, dasar fotografi modern telah berkembang dan merupakan jenis sensor penginderaan jauh yang paling jamak dipakai sampai saat ini (Faizah, 2013).

Data yang diperoleh dari penginderaan jauh dapat berbentuk hasil dari variasi daya, gelombang bunyi atau energi elektromagnetik. Sebagai contoh gravimeter memperoleh data dari variasi daya tarik bumi (gravitasi), sonar pada

sistem navigasi memperoleh data dari gelombang bunyi dan mata kita memperoleh data dari energi elektromagnetik (Solichin, 2012).

Data penginderaan jauh diperoleh dari suatu satelit, pesawat udara balon udara atau wahana lainnya. Data-data tersebut berasal rekaman sensor yang memiliki karakteristik berbeda-beda pada masing-masing tingkat ketinggian yang akhirnya menentukan perbedaan dari data penginderaan jauh yang dihasilkan (Richards and Jia, 2006).

Penginderaan jauh sangat tergantung energi gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik dapat berasal dari banyak hal, akan tetapi gelombang elektromagnetik yang terpenting pada penginderaan jauh adalah sinar matahari. Banyak sensor menggunakan energi pantulan sinar matahari sebagai sumber gelombang elektromagnetik, akan tetapi ada beberapa sensor penginderaan jauh yang menggunakan energi yang dipancarkan oleh bumi dan yang dipancarkan oleh sensor itu sendiri. Sensor yang memanfaatkan energi dari pantulan cahaya matahari atau energi bumi dinamakan sensor pasif, sedangkan yang memanfaatkan energi dari sensor itu sendiri dinamakan sensor aktif (Kerle, *et al.*, 2004).

Penggunaan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dianjurkan karena memiliki kelebihan dalam waktu dan minimnya kesalahan dibandingkan dengan data pengamatan langsung di lapangan (Murti, 2012; Andiko *et al.*, 2019). Penggunaan citra satelit untuk mendeteksi penggunaan lahan cukup banyak digunakan karena memiliki resolusi temporal yang baik dan cakupan wilayahnya yang luas. Penginderaan jauh dapat mencakup suatu areal yang luas dalam waktu bersamaan. Kemudian hasil penginderaan jauh ini dibuat dalam bentuk pemetaan sehingga menjadi suatu sistem informasi geografis (Wirandha *et al.*, 2015; Damanik, 2018).

Data penginderaan jauh memiliki keunggulan dibandingkan dengan pemetaan secara konvensional karena dengan menggunakan data tersebut kita dapat melihat kondisi permukaan tanpa mendatangi keseluruhan lokasi. Data penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk pemetaan lahan kritis. Pada daerah dengan topografi yang beragam dengan mudah karena tidak perlu menelusuri keseluruhan wilayah. Data penginderaan jauh dapat dilakukan pengolahan data

menggunakan transformasi spektral dalam melakukan pemetaan penutup lahan tanpa melakukan survei langsung ke seluruh wilayah (Bashit, 2019).

## 2.10 Citra Sentinel 2

Citra satelit merupakan citra yang dihasilkan dari pemotretan menggunakan wahana satelit. Kini sudah banyak satelit mengorbit di luar angkasa dengan fungsinya yang beragam misalnya satelit militer, satelit komunikasi, satelit indera antar planet dan satelit indera sumber daya bumi. Oleh karena itu perkembangan teknik indera sistem satelit lebih maju dibandingkan sistem *airborne* (Foto Udara) (Nabila, 2019).

Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat disimpan pada suatu pita magnetik. Menurut presisi yang digunakan untuk menyatakan titik-titik koordinat pada suatu domain spasial atau bidang dan untuk menyatakan nilai keabuan atau warna suatu citra, maka secara teoritis citra dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu citra kontinu-kontinu, kontinu-diskrit, diskrit-kontinu, dan diskrit-diskrit. Dimana label pertama menyatakan presisi dari titik-titik koordinat pada bidang citra sedangkan label kedua menyatakan presisi nilai keabuan atau warna. Kontinu dinyatakan dengan presisi angka tak terhingga, sedangkan diskrit dinyatakan dengan presisi angka terhingga (Nabila, 2019).

Teknologi penginderaan jauh yang berkembang sampai saat ini, tidak terlepas dari semakin berkembangnya teknologi satelit yang diluncurkan, dalam hal ini satelit sumber daya alam. Citra satelit yang dihasilkan bervariasi mulai dari citra dengan resolusi spasial dan resolusi spektral yang rendah hingga tinggi. Citra satelit yang tersedia juga ada yang gratis dan berbayar. Berbagai macam jenis citra satelit yang berkembang sampai saat ini salah satunya yaitu citra satelit Sentinel-2. Citra satelit Sentinel-2, saat ini menjadi alternatif baru dalam menyediakan informasi permukaan bumi karena selain mudah didapatkan dan gratis, citra Sentinel-2 menawarkan kualitas data citra dengan resolusi spasial yang lebih baik yaitu 10x10 m<sup>2</sup>/piksel, dibandingkan dengan citra *open source*

lainnya yang sering digunakan seperti citra Landsat yang hanya memiliki resolusi spasial 30x30 m<sup>2</sup>/piksel (Mastu *et al.*, 2018).

Sentinel-2 merupakan pencitraan optik eropa yang diluncurkan pada tahun 2015. Sentinel-2 merupakan satelit pertama yang diluncurkan sebagai bagian dari program *European Space Agency (ESA) Copernicus*. Satelit ini membawa berbagai petak-resolusi tinggi imager multispektral dengan 13 band spektral. Satelit ini akan melakukan pengamatan terestrial dalam mendukung layanan seperti pemantauan hutan, deteksi perubahan lahan tutupan, dan manajemen bencana alam (Putri *et al.*, 2018).

Sentinel 2-A mempunyai 13 *band* dimana 4 *band* beresolusi 10 m, 6 *band* beresolusi 20 m, dan 3 *band* beresolusi spasial 60 m dengan area sapuan 290 km. Pada citra sentinel 2-A memiliki keunggulan pada resolusi spasial yang lebih tinggi (Kawamuna *et al.*, 2017).

Satelit ini merupakan salah satu dari dua satelit pada Program Copernicus yang telah diluncurkan dari total perencanaan sebanyak 6 satelit. Sebelumnya telah diluncurkan Satelit Sentinel-1A yang merupakan satelit radar pada tanggal 3 April 2014 dan menyusul kemudian yaitu Satelit Sentinel-2B pada tahun 2017 (Adini 2018). Kedua satelit yang masuk ke dalam seri Citra Sentinel 2-A tersebut, mempunyai waktu revisit selama 5 hari. Jika Satelit Sentinel-1A menghasilkan citra radar, maka Satelit Sentinel-2A menghasilkan citra optic multispektral yang mempunyai 13 kanal (kanal-kanal yang masuk ke *spektrum visible, near infrared, shortwave infrared*) (Nabila, 2019).

Sentinel 2 akan memberikan kontribusi signifikan terhadap pemantauan lahan dengan data masukan untuk perubahan tutupan lahan pemetaan, serta mendukung penilaian bio-parameter geofisika vegetasi seperti *Leaf Area Indonesia (LAI)*, *Leaf Chlorophyll Content (LCC)* dan *Leaf Cover (LC)*. Sentinel 2 dapat mendukung berbagai macam kegiatan di lapangan dan aplikasi geofisika serta akan membantu memperbaiki praktik pertanian, memantau penggurunan dan keadaan hutan dunia, mendeteksi polusi di danau dan perairan pesisir, berkontribusi terhadap bencana alam, pemetaan dan banyak lagi. Adapun penerapan sentinel 2 di berbagai bidang yaitu pemantauan hutan memberikan kontribusi terhadap keanekaragaman hayati hutan dan konservasi tanah,

perencanaan kota yaitu agar menjamin keberlanjutan dan keseimbangan pengembangan secara konsisten, pemantauan air yaitu memberikan informasi mengenai peramalan kelangkaan air dan kekeringan (Kawamuna *et al.*, 2017).

Citra Sentinel dapat dikatakan lebih baik dalam hal identifikasi objek di lapangan karena *bias* dan *error* pada Citra Sentinel relatif lebih kecil dibandingkan citra Landsat. Hal ini dapat dilihat pada koefisien korelasi yang akan menghasilkan hubungan yang kuat pada beberapa penelitian karena mangrove terkait dengan tingkat kehijauan daun (Philiani, 2016).

Citra satelit sentinel ini biasa digunakan untuk menentukan berbagai indeks tanaman seperti luas daun klorofil dan indeks kadar air. Hal ini sangat penting untuk prediksi hasil dan aplikasi yang efektif terkait dengan vegetasi bumi. Serta memantau pertumbuhan tanaman, Sentinel-2 dapat digunakan untuk memetakan perubahan tutupan lahan dan untuk memantau hutan dunia. Ini juga akan memberikan informasi tentang polusi di danau dan perairan pesisir. Gambar banjir, letusan gunung berapi dan tanah longsor berkontribusi pada pemetaan bencana dan membantu usaha bantuan kemanusiaan (Mangiri, 2018).

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian dilakukan pada bulan April hingga Juni 2021. Lokasi penelitian di Resort Pemerihan, Seksi Pengelolaan Taman Nasional (SPTN) Wilayah II Bengkuntat, Bidang Pengelolaan Taman Nasional (BPTN) Wilayah I Semaka, Kabupaten Pesisir Barat. Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS). Berikut ini peta wilayah Resort Pemerihan, TNBBS (Gambar 2).

#### **3.2 Alat dan Objek Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kamera digital Fujifilm X-M1, *GPS* Garmin 78S, panduan wawancara, perekam suara, Laptop Lenovo E430 dan perangkat lunak *ArcGIS 10.3* dan *E-Cognition*. Selanjutnya objek penelitian, yaitu masyarakat yang terdampak dari konflik manusia dengan gajah, data *GPS Collar* gajah sumatra tahun 2020-2021, data Citra Sentinel 2A TNBBS, titik survei lapangan (*ground truth point*), dan peta administrasi TNBBS.

#### **3.3 Jenis Data**

##### **3.3.1 Data Primer**

Data primer penelitian ini meliputi titik *GPS Collar* gajah sumatra tahun 2020-2021, data persepsi masyarakat, data survei lapangan dan data citra satelit. Adapun data primer pada penelitian ini sebagai berikut:

a. Data Titik *GPS Collar* Gajah Tahun 2020-2021

Data ini berupa titik-titik koordinat gajah liar Kelompok Citra selama satu tahun, mulai bulan Maret 2020 sampai dengan Mei 2021. Data ini menampilkan keberadaan gajah di TNBBS secara spasial.

b. Data Persepsi Masyarakat

Data primer persepsi masyarakat diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara terstruktur dengan panduan kuesioner (Arif *et al.*, 2017). Data primer pada penelitian ini diperoleh dari sumber pertama perorangan (individu) melalui pengisian kuesioner mengenai upaya mitigasi konflik gajah dan manusia yang dilakukan oleh masyarakat maupun petugas.

c. Data Survei Lapangan

Data survei lapangan diperoleh dengan melakukan kunjungan ke lapangan di wilayah kerja Resort Pemerihan TNBBS untuk mengambil titik sampel berupa titik koordinat untuk menyatakan sampel tutupan lahan serta keberadaan gajah sekitar kawasan Resort Pemerihan. Data ini didapat dengan melakukan perjalanan menyusuri hutan sambil mencatat titik koordinat dengan *GPS*.

d. Data citra satelit

Data citra satelit yang digunakan adalah Sentinel 2 Wilayah Kerja Resort Pemerihan tahun 2020. Data ini didapat dengan cara mengunduh pada *website* USGS dengan alamat <http://earthexplorer.usgs.gov>.

### 3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari studi literatur, hasil penelitian terdahulu serta dokumen pelengkap lainnya yang sesuai dengan penelitian ini. Data sekunder yang dikumpulkan berupa kondisi wilayah, persebaran gajah di Sumatra, konflik manusia-gajah, mitigasi konflik yang dilakukan tiap daerah dan yang lainnya.



### **3.4 Metode Pengumpulan Data**

#### **3.4.1 Data Titik *GPS Collar* Gajah Tahun 2020-2021**

Data ini diperoleh dari petugas TNBBS yang mengelola dan memantau pergerakan kelompok gajah liar (Kelompok Citra) yang ada di sekitar Resort Pemerihan. Data ini berasal dari *GPS Collar* yang dipasang pada gajah liar (kelompok Citra). Pemasangan *GPS Collar* ini dilakukan pada tanggal 12 Mei 2020 di sekitar Resort Pemerihan, Bidang I Semaka, TNBBS. Pemasangan alat ini berguna dalam membantu pemantauan pergerakan gajah setiap harinya, nantinya alat ini akan mengirimkan sinyal (titik koordinat) ke satelit setiap satu jam sekali yang kemudian akan diterima oleh petugas yang ada di balai. Pergerakan kelompok gajah Citra selama kurang lebih satu tahun (2020-2021) di TNBBS ini telah didapatkan sebanyak 7.024 titik koordinat. Data titik koordinat ini kemudian diolah menggunakan program ArcGIS untuk mendapatkan tampilan secara spasial dari pergerakan satwa ini. Data ini digunakan sebagai alat bantu petugas di lapangan dalam penghalauan konflik gajah dan manusia. Titik-titik koordinat yang berhasil dikumpulkan dimasukkan ke dalam analisa sistem informasi geografi (SIG) untuk ditampilkan secara spasial dan diukur jarak perjalanan gajah tersebut dari satu titik ke titik yang lain (Sukmantoro *et al.*, 2011).

#### **3.4.2 Data Persepsi Masyarakat**

Data persepsi masyarakat dilakukan dengan metode wawancara terkait mitigasi konflik yang sudah diterapkan, yaitu dengan melakukan kunjungan ke masyarakat dan instansi terkait. Teknik pengambilan sampel wawancara responden adalah *purposive sampling*, yaitu hanya pada responden yang mengalami dampak dari konflik ini. Pendalaman isu juga dilakukan dengan menggunakan teknik *sampling snowball* dengan pemilihan informan-informan kunci sehingga dapat menginterpretasikan kasus dengan mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam penelitian (Putra, 2017). Wawancara dilakukan secara mendalam (*in-depth interview*) pada 25 orang diantaranya 6 orang pengelola TNBBS, 6 orang mitra TNBBS, 8 orang masyarakat, dan 5 orang pawang gajah (*mahout*).

### 3.4.3 Data Survei Lapangan

Data survei lapangan didapatkan dengan melakukan survei ke dalam hutan dengan berjalan kaki untuk mendapatkan sampel yang mewakili tutupan lahan yang ada di sekitar Resort Pemerihan. Survei ini juga sekaligus untuk mencatat tanda-tanda keberadaan gajah liar kelompok Citra.

## 3.5 Metode Analisis Data

### 3.5.1 Analisis Citra

Analisis citra dilakukan dengan penggabungan saluran (*band*) spektral citra satelit yang berfungsi untuk mempermudah dalam proses analisis citra. Citra satelit memiliki penggabungan saluran (*band*) yang berbeda-beda. Saluran yang digunakan di Citra Sentinel 2A ini yaitu saluran 2,3,4,5,6,7 dan 8. Selanjutnya proses pemotongan citra ini dilakukan berdasarkan pada batas kawasan TNBBS yang dilalui oleh kelompok gajah liar (Citra). Pemotongan Citra ini dilakukan dengan memotong wilayah sesuai dengan penelitian saat ini. Pemotongan dilakukan dengan menggunakan *tools Clip* di ArcGIS.

Klasifikasi tutupan lahan yang digunakan yaitu *object oriented classification* (OOC). Pada algoritma OOC, *software e-Cognition Developer* digunakan untuk membantu prosesnya. Klasifikasi *object oriented* merupakan metode klasifikasi berdasarkan *object* dari hasil segmentasi (Parsa, 2013). Proses ini dilakukan dengan melakukan segmentasi yang diklasifikasikan dalam 5 kelas yaitu hutan alam, semak belukar, badan air, kebun/pertanian, padi/sawah dan lahan terbangun, lalu melakukan *classification nearest neighbor*. Menurut Artika *et al* (2019) metode klasifikasi yang paling tepat dan akurat ialah menggunakan algoritma OOC dengan nilai akurasi (*overall accuracy*) sebesar 95 %.

Penilaian akurasi dilakukan setelah peta penutupan lahan dihasilkan dengan melihat matrik kesalahan dalam klasifikasi tutupan lahan dengan menggabungkan antara hasil analisis citra satelit dengan hasil data lapangan (*ground truth*). Penilaian yang dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi menggunakan kriteria, yaitu ketelitian pengguna (*user accuracy*), ketelitian hasil (*producer accuracy*) dan ketelitian total (*overall accuracy*). Penghitungan nilai akurasi merupakan perhitungan keakuratan hasil klasifikasi yang telah dilakukan. Perhitungan nilai

akurasi dapat dihitung menggunakan matriks kesalahan (*error matrix*) dengan melihat besar nilai *overall accuracy* (Catur *et al.*, 2015).

Tabel 1. Matriks Kesalahan (*confusion matrix*)

Referensi	A	B	C	D	E	Total (user)
A						
B						
C						
D						
E						
<b>Total (Producer)</b>						

Secara matematis akurasi pada tabel diatas dapat ditampilkan sebagai berikut:

$$\text{Users Accuracy} = \frac{\text{Number of Correctly Classified Pixels in each Category}}{\text{Total Number of Classified Pixels in that Category (the row total)}} \times 100$$

$$\text{Producer Accuracy} = \frac{\text{Number of Correctly Classified Pixels in each Category}}{\text{Total Number of Classified Pixels in that Category (the Collums total)}} \times 100$$

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\text{Total Number of Correctly Classified Pixels (Diagonal)}}{\text{Total Number of Reference Pixels}} \times 100$$

### 3.5.2 Analisis Data Spasial

Data titik *GPS Collar* dianalisis secara spasial (Sukmantoro, 2019) dengan pendekatan terhadap jarak jalan, jarak sungai, perkiraan *home range* dan arah pergerakan. Metode yang digunakan sebagai berikut:

a. *Nearest Neighbor*

Penggunaan *tool* ini untuk menganalisis pola pergerakan kelompok gajah Citra dengan menggunakan analisis tetangga terdekat. Analisis ini dilakukan dengan bantuan *software* ArcGIS 10.3 secara otomatis. Pertama *input feature* (titik gajah) kemudian pilih lokasi penyimpanan file *output* dan kemudian menyajikannya dalam bentuk *graph* dengan ketentuan menurut Kusuma dan Sukendra (2016) :

1. Jika indeks rasio rata-rata  $<1$ , maka *feature* dikatakan berpola *clustering* (berkelompok).
2. Jika indeks rasio = 0 maka *feature* dikatakan *random* (acak)
3. Jika indeks  $>1$ , tren adalah menuju *disperse* (menyebar).

b. *Near Distance*

*Near distance* merupakan *tools* yang digunakan untuk menentukan jarak objek (titik gajah) dari jalan dan sungai. Penggunaan *tools* ini sering digunakan untuk membuat nilai pengukuran jarak dari yang terdekat hingga terjauh dari objek. Pertama masukkan data titik gajah dan *shapefile* jalan serta sungai ke dalam *ArcView*, kemudian pilih *near* dengan *input feature* titik gajah, lalu *feature* berupa *shapefile* jalan dan sungai. Langkah selanjutnya adalah melakukan klasifikasi kelas jarak jalan dan sungai di *attribute table*.

c. *Spatial Join*

*Spatial join* merupakan salah satu fasilitas untuk memudahkan pengguna dalam melakukan penggabungan korelasi spasial diantara dua fitur table. *Tool* dalam penelitian ini digunakan untuk menghitung jumlah titik gajah yang berada dalam suatu lokasi misalnya tutupan lahan maupun batas wilayah administrasi. Langkah pertama pilih *spatial join*, kemudian *target layer* pilih *shapefile* tutupan lahan atau administrasi wilayah. Selanjutnya *join feature* pilih titik gajah. Langkah selanjutnya pengecekan pada *attribute table*.

d. *Minimum Convex Polygon* (MCP)

Penggunaan MCP ini dilakukan untuk mengetahui atau memperkirakan titik terjauh dalam sebuah area, dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui luas wilayah *home range* gajah Citra melalui data *GPS Collar*. Pertama pilih fitur *minimum bounding geometry* kemudian *input feature* berupa titik *GPS Collar* gajah Citra. Selanjutnya, pilih *convex hull* pada tipe geometri. Terakhir hasilnya dapat dilihat pada *table of content*. Penentuan wilayah jelajah gajah merupakan sebuah delineasi dan poligon dari titik-titik terluar pergerakan gajah yang terpasang *GPS Collar* dengan penentuan *minimum convex polygon* (MCP) (Sukmantoro *et al.*, 2011).

### **3.4.3 Analisis Deskriptif**

Hasil dari wawancara kemudian dilakukan analisis deskriptif. Analisis dilakukan dengan penggambaran atau pendeskripsian data yang telah terkumpul sebagaimana adanya secara menyeluruh tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum (Sugiyono, 2004). Data dalam wawancara atau data primer adalah sumber utama data yang menjadi bahan analisis data untuk menjawab masalah penelitian (Martono, 2014) dan dibantu oleh data sekunder untuk memperkuat hasil penelitian (Prabowo, 2013). Analisis data hasil observasi digunakan untuk mengetahui kondisi sebelum dan sesudah dilakukan pengelolaan konflik manusia dengan gajah serta efektivitasnya menurut persepsi para pihak.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian mengenai analisis mitigasi konflik gajah sumatra melalui pemantauan *GPS Collar* adalah sebagai berikut:

1. Keberadaan gajah sumatra di kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan memiliki pola pergerakan acak atau tidak terpusat pada satu titik lokasi, namun tersebar ke berbagai titik berdasarkan ketersediaan pakan dan berbagai faktor fisik lainnya yang dibutuhkan oleh gajah sumatra dalam satu habitat. Sedangkan penggunaan ruang yang sering digunakan gajah berupa tutupan hutan yang berada di hutan alam dengan kelas zonasi rimba yang masih memiliki tutupan kanopi yang bagus serta memiliki ketersediaan sumber daya yang cukup bagi gajah.
2. Mitigasi konflik manusia dan gajah di kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan menggunakan pemantauan *GPS Collar* terbukti mampu membantu mengurangi jumlah konflik dibandingkan sebelum menggunakan *GPS Collar*.
3. Mitigasi konflik yang dilakukan oleh masyarakat sebelum adanya alat *GPS Collar* yaitu melakukan penjagaan setiap malam dengan berbekal penerangan seadanya dan juga petasan/mercon di batas kawasan TNBBS. Setelah ada alat *GPS Collar* masyarakat tidak harus berjaga setiap malam, karena gajah dapat dipantau pergerakannya.

### 5.2 Saran

Saran dari penelitian mengenai analisis mitigasi konflik gajah melalui pemantauan *GPS Collar* adalah sebagai berikut:

1. Monitoring dan penelitian lanjutan terkait mitigasi konflik gajah sumatra dan manusia di TNBBS perlu dilakukan secara berkala untuk mengetahui keefektifan mitigasi dalam upaya konservasi gajah sumatra di TNBBS.
2. Penggunaan tanaman yang tidak disukai gajah sumatra di sekitar pemukiman seperti porang dan tanaman lainnya dapat menjadi alternatif untuk diterapkan di sekitar kawasan TNBBS.
3. Kebijakan ganti rugi lahan masyarakat yang rusak dengan adanya pengembangan wisata gajah dapat menjadi alternatif masyarakat sekitar kawasan TNBBS.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah., Asiah., Japisa, T. 2012. Karakteristik habitat gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di kawasan Ekosistem Seulawah Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi, Biologi Edukasi*. 4(1): 41-45.
- Afrizal, D., Rustiati, E.L., Syahri, B.F. 2018. Teknik pengamatan pola pergerakan gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) dengan teknologi *GPS Collar* di Hutan Lindung Register 39 Kph IX Kota Agung Utara. *Prosiding seminar nasional hasil penelitian*. 142-150.
- Alikodra, H.S. 1990. *Pengelolaan Satwa Liar Jilid 1*. Buku. Pusat Antar Universitas Ilmu Hayati. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Andiko, J.A., Duryat., Darmawan, A. 2019. Efisiensi penggunaan Citra Multisensor untuk pemetaan tutupan lahan. *Jurnal Sylva Lestari* 7(3): 342-349.
- Arnanto, A., 2013. Pemanfaatan transformasi *normalized difference vegetation Indonesia* (NDVI) Citra Landsat TM untuk zonasi vegetasi di lereng Merapi bagian selatan. *Jurnal Geomedia* 11(2): 155-170.
- Artika, E., Darmawan, A., Hilmanto, R. 2019. Perbandingan metode *maximum likelihood classification* (MLC) dan *object oriented classification* (OOC) dalam pemetaan tutupan mangrove di Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Hutan Tropis*. 7(3): 267-275.
- Balai Besar Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. 2014. *Renstra dan RPJP 2014*. Buku. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. TNBBS. Lampung.
- Balai Taman Nasional Way Kambas. 2012. *Sekilas Informasi Taman Nasional Way Kambas Kab. Lampung Timur, Provinsi Lampung*. Buku. Balai Taman Nasional Way Kambas. Lampung Timur. 32 hlm.
- Bashit, N. 2019. Analisis lahan kritis berdasarkan kerapatan tajuk pohon menggunakan Citra Sentinel 2. *Jurnal Geodesi dan Geomatika*. 2(1): 71-79.

- Berliani, K., Alikodra, H.S., Masy'ud, B., Kusriani, M.D. 2016. Aktivitas makan pada gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) terhadap kerentanan budidaya pertanian di Provinsi Aceh. *Prosiding Seminar Nasional Biologi: Implementasi Riset Hayati dan Pengembangannya di Era Masyarakat Ekonomi ASEAN*. 48-61.
- Berliani, K., Alikodra, H. S., Masy'ud., Kusriani, M.D. 2015. Upaya dan peran serta masyarakat dalam menanggulangi konflik manusia-gajah (*Elephas maximus sumatranus*) di Provinsi Aceh. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*. (1): 15-20.
- Catur, U., Susanto., Yudhatama, D., Mukhoriyah. 2015. Identifikasi lahan tambang timah menggunakan metode klasifikasi terbimbing maximum likelihood pada citra landsat 8. *Jurnal Majalah Ilmiah Globe*. 17(1): 9-15.
- Damanik, Y.V. 2018. *Penggunaan Citra Radar Sentinel-1 untuk Identifikasi Tutupan Lahan di Kabupaten Pakpak Bharat*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Desai, A.A., Samsuardi. 2009. *Status of Elephants in Riau Province Sumatra*. Buku. WWF-Indonesia. Bogor.
- Dwi, N., Yudarini, I G., Widyastuti, S. 2013. Tingkah laku harian gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Bali Safari and Marine Park. *Jurnal Indonesia Medicus Veterinus*, 2(4): 461- 468.
- D'Eon, R.G., Serrouya, R., Smith, G., Kochanny, C.O. 2002. GPS radio telemetry error and bias in Mountainous Terrain. *Wildlife Society Bulletin*, 30: 430–439.
- Enukwa, E.H. 2017. Human-elephant conflict mitigation methods: A review of effectiveness and sustainability. *Journal of Wildlife and Biodiversity*, Article. 3-1(2): 69-78.
- Fadillah, R., Yoza, D., Sribudiani, E. 2014. Sebaran dan perkiraan produksi pakan gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus temminck.*) di sekitar Duri Kecamatan Mandau Kabupaten Bengkalis. *Jom Faperta*. 1(2): 1-9.
- Febryano, I.G., Rusita, R., Banuwa, I.S., Setiawan, A., Yuwono, S.B., Marcelina, S.D., Subakir, S., Krismurniati, E.D. 2019. Determining the sumatran elephant (*Elephas Maximus Sumatranus*) carrying capacity In Elephant Training Centre, Way Kambas National Park, Indonesia. *Forestry Ideas*. 25 (1): 10-19.
- Febryano, I.G., Winarno, D.G., Rusita., Yuwono, S.B. 2018. *Mitigasi Konflik Gajah & Manusia di Taman Nasional Way Kambas*. Buku. Bandar Lampung. 10-19 hlm.

- Frair, J.L., Nielson, S.E., Merrill, E.H., Lele, S.R., Boyce, M.S., Munro, R.H.M., Stenhouse, G.B., Beyer, H.L. 2004. Removing *Gps collar* bias in habitat selection studies. *Journal of Applied Ecology*. 41: 201–212.
- Frananda, H., Hartono., Jatmiko, R.H. 2015. Komparasi indeks vegetasi untuk estimasi stok karbon hutan mangrove Kawasan Segoro Anak pada Kawasan Taman Nasional Alas Purwo Banyuwangi, Jawa Timur. *Majalah Ilmiah Globë*. Jawa Timur.17(2): 113-123.
- Gandhi, M.G.S., Parthiban, N., Thummalu., A.C. 2015. NDVI : Vegetation change detection using remote sensing and GIS – A case study on Vellore District. *Procedia Computer Science*. 57: 1199-1210.
- Hiten, K.B., Soumen, D., Anupam, S., Amit, S., Sanjay, G., Tariq, A., Dipankar, G., Christy, W.A. 2012. Use of Chilli Fences to Deter Asian Elephants-A Pilot Study. *Gajah* 36: 11-13.
- Kamaluddin, A., Winarno, G.D., Dewi, B.S. 2019. Keanekaragaman jenis avifauna di Pusat Latihan Gajah (PLG) Taman Nasional Way Kambas. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(1): 10-21.
- Kawamuna, A., Suprayogi, A., Wijaya., Arwan, P. 2017. Analisis kesehatan hutan mangrove berdasarkan Metode Klasifikasi NDVI pada Citra Sentinel-2. *Jurnal Geodesi*. 1(6): 277-284.
- Kerle, N. 2004. Principles of remote Sensing : An Introductory textbook. Netherland: ITC
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. 2020. Rencana tindakan mendesak populasi gajah sumatra (*Elephas maximus sumatranus*) 2020-2023. Dokumen RTM. Dicitak atas bantuan: TFCA-Sumatera.
- Kinnaird, M., Sanderson., O'Brien, T.G., Wibisono, H.T., Woolmer, G. 2003. Deforestation trends in a Tropical Landscape and Implications for Endangered Large Mammals. *Conservation Biology*, 17(1): 245-257.
- Kusuma, A.P., Sukendra, D.M. 2016. Analisis spasial kejadian demam berdarah dengue. *Unnes Journal of Public Health*. 5 (1): 48-56.
- Lewis, J.S., Rachlow, J.L., Garton, E.O., Vierling, L.A. 2007. Effects of habitat on *Gps collar* performance: using data screening to reduce location error. *Journal of Applied Ecology*. 44, 663–671.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W.1990. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra (Terjemahan Dulbahri, Dkk). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

- Mahanani, A.I. 2012. *Strategi Konservasi Gajah Sumatera (Elephas Maximus Sumatranus Temminck) di Suaka Margasatwa Padang Sugihan Provinsi Sumatera Selatan berdasarkan Daya Dukung Habitat*. Tesis.
- Marcelina, D., Febryano, I.G., Setiawan, A., Yuwono, S.B. 2018. Persepsi wisatawan terhadap fasilitas wisata di Pusat Latihan Gajah Taman Nasional Way Kambas. *Jurnal Belantara*, 1(2): 45-53.
- Maulana, D.A., Darmawan, A. 2014. Perubahan penutupan lahan di Taman Nasional Way Kambas. *Jurnal Sylva Lestari*, 2(1): 87-94.
- Mangiri, I. 2018. *Analisis tata guna lahan di Kabupaten Soppeng berbasis gis menggunakan Citra Sentinel 2*. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makasar.
- Martono, N. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif Analisis Isi dan Analisis Data Sekunder*. Buku. Indonesia. Raja Grafindo Persada. Indonesia. 207 hlm.
- Murti, S.H. 2012. Pengaruh resolusi spasial pada citra penginderaan jauh terhadap ketelitian pemetaan penggunaan lahan pertanian di Kabupaten Wonosobo. *Jurnal Ilmiah Geomatika* 18(1): 84–94.
- Mastu., L.O.K., Nababan, B., Panjaitan, P.P. 2018. Pemetaan habitat bentik berbasis objek menggunakan Citra Sentinel-2 di perairan Pulau Wangi-Wangi Kabupaten Wakatobi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 10(2): 381-396.
- Mustafa, T., Abdullah., Khairil. 2018. Analisis habitat gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) berdasarkan *software smart* di Kecamatan Peunaron Kabupaten Aceh Timur. *Jurnal Biotik*. 6(1): 1-10.
- Nabila. 2019. *Pemanfaatan Citra Sentinel 2-A untuk Pengembangan Model Estimasi Stok Karbon pada Tegakan Vegetasi Wilayah Kota Kendari*. Skripsi. Universitas Halu Oleo. Kendari.
- Ndaimani, H., Murwira, A., Masocha, M., Zengeya, F.M. 2017. Elephant (*Loxodonta africana*) Gps collar data show multiple peaks of occurrence farther from water sources. *Journal Cogent Environmental Science*.
- Nurdiani, N. 2014. Teknik sampling snowball dalam penelitian lapangan. *ComTech*. 5(2): 1110-1118.
- Nuryasin, Yoza, D., Kausar. 2014. Dinamika dan resolusi konflik gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) terhadap Manusia di Kecamatan Mandau Kabupaten Bengkalis, Riau. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Fakultas Pertanian*. 1(2): 119–127.

- Ogada, M., Woodroffe, R., Oguge, N., Frank, G. 2003. Limiting depredation by African carnivores : the role of livestock husbandry. *Conservation Biology*, 17(6): 1521-1530.
- Osborn, F.V. 2004. The concept of home range in relation to elephants in Africa. *Pachyderm*. 37: 37-43.
- O'Brien, T.G, Kinnaird, M.F. 1996. Birds and Mammals of the Bukit Barisan Selatan National Park, Sumatra, Indonesia. *Oryx*. 30:207-217.
- Parsa, I.M. 2013. Optimalisasi Parameter Segmentasi untuk Pemetaan Lahan Sawah menggunakan Citra Satelit Landsat (Studi kasus Padang Pariaman, Sumatera Barat dan Tanggamus, Lampung. *Jurnal Penginderaan Jauh*. 10(1): 34-37.
- Philiani, Intan. Saputra, Livinia. Harvianto, Loecky Muzaki, Anggi Afif. 2016. Pemetaan vegetasi hutan mangrove menggunakan Metode *Normalized Difference Vegetation Indonesia (NDVI)* di Desa Arakan, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. *Jurnal Geodesi*. 1(2): 211-222.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*, 190: 231–259.
- Prabowo, A. 2013. Analisis pemanfaatan buku elektronik (e-book) oleh pemustaka di perpustakaan SMA Negeri 1 Semarang. *Jurnal Ilmu Perpustakaan*. 2(2): 1 – 9.
- Pradipta, I.M.D. 2015. *Rancang Bangun Aplikasi Fusi Citra (Image Fusion) dari Data Penginderaan Jauh Menggunakan Metode Pan Sharpening*. Skripsi. Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Udayana Jimbaran. Bali.
- Pratiwi, P., Rahayu, P. S., Rizaldi, A., Iswandar, D. Winarno, G. D. 2020. Persepsi masyarakat terhadap konflik manusia dan gajah sumatra (*Elephas maximus sumatranus* Temminck 1987) di Taman Nasional Way Kambas. *Jurnal Sylva Lestari*. 8(1): 98-108.
- Purnama, D. 1994. *Kajian Tentang Masalah Gangguan Gajah (Elephas maximus sumatranus Temminck) dan Penanggulangannya di Kabupaten Aceh Utara Provinsi Daerah Istimewa Aceh*. Skripsi. Sekolah Tinggi Ilmu Kehutanan Perguruan Tinggi Islam. Banda Aceh.
- Putri, D.R., Sukmono, A., Sudarsono, B. 2018. Analisis kombinasi Citra Sentinel-1a dan Citra Sentinel-2a untuk klasifikasi tutupan lahan (studi kasus: Kabupaten Demak, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*. 7(2): 85-96.
- 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.

- Rianti, A., Garsetiasih, R. 2017. Persepsi masyarakat terhadap gangguan gajah. 14(2): 83–99.
- Ridwan, E.A., Kuncoro. 2007. *Cara menggunakan dan Memaknai Analisis Jalur (Path Analysis)*. Buku. Alfabeta, Bandung.
- Richard, J.A., Jia, X. 2006. *Remote Sensing Digital Image Analysis*, edisi ke 4 . Springer. Berlin Heidelberg.
- Rodgers, A.R. 2001. Recent telemetry technology. Radio Tracking and Animal Populations (eds J.J. Millspaugh & J.M. Marzluff ), *Academic Press*, 79–121. San Diego, CA.
- Rohman, W. A., Darmawan, A., Wulandari, C., and Dewi, B. S. 2019. Preferensi jelajah harian gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Jurnal Sylva Lestari* 7(3): 309.
- Sabri, E., Gunawan, H., Khairijon. 2014. Pola pergerakan dan wilayah jelajah gajah sumatra (*Elephas maximus sumatranus*) dengan menggunakan gps radio collar di sebelah utara Taman Nasional Tesso Nilo, Riau. *Jurnal Online Mahasiswa FMIPA*. 1(2): 599–606.
- Sari, R.R.A.P. 2010. *Nilai Ekonomi Konflik Manusia dan Gajah (Elephas maximus sumatranus Temminck, 1847) di Desa Lunuk Kembang Bunga, Kecamatan Ukui, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 78 hlm.
- Sayfulloh, A., Riniarti, M. & Santoso, T. (2020). Jenis-jenis tumbuhan asing invasif di Resort Sukaraja Atas, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Jurnal Sylva Lestari* 8(1): 109–120.
- Sinaga, R. R. P. & Darmawan, A. (2014). Perubahan tutupan lahan di Resort Pugung Tampak Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (Tnbbs). *Jurnal Sylva Lestari*, 2(1): 77-86.
- Sitompul, A.F. 2011. Ecology and Conservation of Sumatran Elephants (*Elephas maximus sumatranus*) in Sumatra, Indonesia Doctor of Philosophy (February 2011), *Environmental Conservation* . University of Massachusetts – Amherst.
- Solichin, M. 2012. *Aplikasi Gis : Remote Sensing untuk Catchment Area*. Buku. Universitas Brawijaya. Unbraw Press. 98-115 hlm.

- Sukmantoro, W., Samsuardi., Sudibyoy, A., Fadli, N. 2011. Instalasi dan studi *Gps collar* untuk gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Taman Nasional Tesso Nilo, Provinsi Riau Tahun 2007 dan 2009. [Unpublished]
- Sukmantoro W, Syamsuardi, Sudibyoy A, Suprahman H. 2011b. Desain kanal atau parit gajah sebagai bagian dari teknik mitigasi konflik gajah–manusia di Tesso Nilo, Provinsi Riau. Riau (Indonesia): Laporan teknis Balai Taman Nasional Tesso Nilo dan WWF Indonesia. Pekanbaru.
- Sukmantoro, W., Agusrin, M.Y. 2017. Seri Modul WWF Indonesia: Modul MP2CE untuk mitigasi konflik gajah-manusia terpadu. Pekanbaru (Indonesia): WWF Indonesia.
- Sukmantoro, W. 2019. Optimalisasi ruang dan sumber daya bagi gajah sumatera dan manusia di lanskap Sumatera bagian tengah. *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- 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.
- Sugiharti, T., Wandono, H., Anggoro, V.A., Muslich, M., Ardiantino., Arimbi, A., Widyastuti, N., Indraswati, E. 2017. *Pengelolaan Kawasan Berbasis Resort di Area Perlindungan Intensif Taman Nasional Bukit Barisan Selatan*. Buku. Balai Besar Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. Lampung.
- Sugiyono. 2004. *Metode Penelitian Administrasi*. Buku. Alfabeta. Bandung.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Buku. Alfabeta. Bandung.
- Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Buku. Alfabeta. Bandung.
- Supriyanto, W., Iswandiri, R. 2017. Kecenderungan sivitas akademik dalam memilih referensi untuk penyusunan karya tulis ilmiah di perguruan tinggi. *Jurnal Berkala Ilmu Pustaka dan Informasi*. 13(1): 79-86.
- Suryanto, A. 2012. Aplikasi teknologi global positioning system (gps) dan telepon seluler (gsm) untuk monitoring titik akses kendaraan dinas UNNES. *Jurnal Sainsteknol*. 10(1): 1-11.
- Susetyowati, A.B. 1987. Pedoman Pemeliharaan Gajah di Pusat Latihan Gajah Way Kambas. Balai Konservasi Sumberdaya Daya Alam II. Sub Balai Konservasi Sumber Daya Alam Way Kambas.

- Sutanto. 2013. *Metode Penelitian Penginderaan Jauh*. Penerbit Ombak. Yogyakarta.
- Wirandha, F.S., Marwan., Nizamuddin. 2015. Klasifikasi penggunaan lahan menggunakan Citra Satelit Spot-6 di Kabupaten Aceh Barat Daya dan Aceh Besar. *Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro*. 102-104.
- Yoza, D., Siregar, Y.I., Mulyadi, A., Sujianto. 2018. Konflik dan mitigasi konflik gajah sumatera (*Elephas Maximus sumatranus* temminck) dengan manusia berdasarkan persepsi masyarakat di sekitar Taman Nasional Tesso Nilo Provinsi Riau. *Seminar Nasional Pelestarian Lingkungan*. 352-361.
- Yunhao, C.S., Peijun, L. Xiaobing, C., Jin, L., Jing. 2006. A combined approach for estimation vegetation cover in urban/suburban environments from remotely sensed data. *Computers and Geosciences*. 32: 1299-1312.