



MODEL KERAWANAN SPASIAL BERBASIS PEMBELAJARAN MESIN UNTUK KONFLIK MANUSIA- GAJAH DI KABUPATEN PIDIE, ACEH

RISNA OLAYANI



**PROGRAM STUDI PASCASARJANA ILMU PENGELOLAAN HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Model Kerawanan Spasial Berbasis Pembelajaran Mesin Untuk Konflik Manusia-Gajah Di Kabupaten Pidie, Aceh” adalah karya saya dengan arahan dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal dari atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta atas karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Risna Olayani
E1501241027



RINGKASAN

RISNA OLAYANI. Model Kerawanan Spasial Berbasis Pembelajaran Mesin untuk Konflik Manusia-Gajah di Kabupaten Pidie, Aceh. Dibimbing oleh I NENGAH SURATI JAYA dan YANTO SANTOSA.

Konflik manusia-gajah (HEC) adalah salah satu tantangan utama dalam upaya konservasi satwa liar, karena gajah Sumatera menghadapi tekanan serius akibat tumpang tindih penggunaan ruang oleh manusia dengan area jelajah gajah, termasuk area pertanian, perkebunan, dan permukiman. Memetakan kerawanan HEC, memerlukan pemodelan yang lebih adaptif terhadap berbagai faktor (peubah) yang perlu dipertimbangkan, dan mampu menangkap dinamika ekologis dan antropogenik yang kompleks. Penelitian ini mengembangkan model kerawanan spasial untuk HEC di Kabupaten Pidie, Provinsi Aceh, Indonesia, dengan membandingkan pendekatan parametrik dan non-parametrik.

Kajian ini bertujuan untuk mengembangkan model kelas kerawanan berdasarkan Estimasi Kepadatan Kernel (KDE) dan model pembelajaran mesin (machine learning) berbasis faktor kondisi biofisik dan antropogenik. Kajian ini juga mempunyai beberapa tujuan khusus, yaitu: (1) membangun kelas-kelas HEC, (2) mengidentifikasi peubah-peubah kunci yang paling signifikan memengaruhi HEC, dan (3) mengevaluasi kinerja model yang dibangun dibandingkan dengan pendekatan parametrik menggunakan model Regresi Linier Berganda (MLR). Peubah-peubah yang dipertimbangkan mencakup elevasi, kemiringan lereng (*slope*), kedekatan sungai, kedekatan dengan permukiman, tutupan lahan, dan indeks-indeks citra multitemporal.

Hasil perbandingan kelas kerawanan ini menunjukkan bahwa Decision Tree Machine Learning mencapai akurasi 92,1%, jauh melebihi Regresi Linier Berganda yang mencapai 57,1%, sehingga menunjukkan kemampuan model non-parametrik dalam menangkap hubungan ekologis dan spasial yang nonlinier. DTML juga mengidentifikasi empat peubah biofisik, yaitu ketinggian, kemiringan lereng, jarak dari sungai, dan NDVI, yang secara kolektif mendefinisikan kelas kerawanan HEC dan sesuai dengan kondisi ekologis yang disukai oleh pergerakan dan pencarian makan gajah. Temuan ini menyoroti keunggulan pendekatan pembelajaran mesin yang fleksibel dan mudah diinterpretasikan untuk memetakan kerawanan HEC serta memitigasi konflik HEC.

Kata kunci: Gajah Sumatera, Konflik Gajah dan Manusia, Kerawanan, Machine Learning, Regresi linier Berganda



SUMMARY

RISNA OLAYANI. A Machine Learning–Based Spatial Vulnerability Model for Human–Elephant Conflict in Pidie Regency, Aceh. Supervised by I NENGGAH SURATI JAYA and YANTO SANTOSA.

Human-elephant conflict (HEC) is a major challenge to wildlife conservation, as Sumatran elephants face serious pressure from overlapping human use of space within their ranges, including agricultural areas, plantations, and settlements. Mapping HEC vulnerability requires modeling that is more adaptive to the various factors (variables) involved and capable of capturing complex ecological and anthropogenic dynamics. This study develops a spatial vulnerability model for HEC in Pidie Regency, Aceh Province, Indonesia, by comparing parametric and non-parametric approaches.

This study aims to develop a vulnerability class model based on Kernel Density Estimation (KDE) and a machine learning model based on biophysical and anthropogenic factors. This study also has several specific objectives, namely: (1) building HEC classes, (2) identifying key variables that most significantly influence HEC, and (3) evaluating the performance of the developed model compared to a parametric approach using a Multiple Linear Regression (MLR) model. The variables considered include elevation, slope, river proximity, proximity to settlements, land cover, and multitemporal imagery indices.

The results of this vulnerability class comparison show that decision tree machine learning achieved 92.1% accuracy, significantly exceeding multiple linear regression's 57.1% accuracy, demonstrating the superior ability of non-parametric models to capture non-linear ecological and spatial relationships. DTML also identified four critical biophysical thresholds elevation, slope, distance from rivers, and NDVI, that collectively define HEC vulnerability classes and correspond to the ecological conditions favored by elephant movement and foraging. These findings highlight the advantages of a flexible and interpretable machine learning approach for mapping HEC vulnerability and mitigating HEC conflicts

Keywords: Sumatran elephant, human-elephant conflict, vulnerability, machine learning, multiple linear regression



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

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

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

MODEL KERAWANAN SPASIAL BERBASIS PEMBELAJARAN MESIN UNTUK KONFLIK MANUSIA- GAJAH DI KABUPATEN PIDIE, ACEH

RISNA OLAYANI

**PROGRAM STUDI PASCASARJANA ILMU PENGELOLAAN HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1 Dr. Dra. Nining Puspaningsih, M.Si.



Judul Tesis : Model Kerawanan Spasial Berbasis Pembelajaran Mesin untuk
Konflik Manusia-Gajah di Pidie, Aceh.
Nama : Risna Olayani
NIM : E1501241027

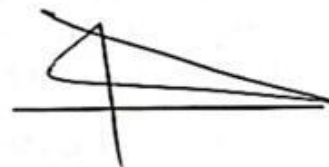
@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. I Nengah Surati Jaya, M.Agr



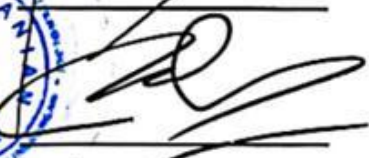
Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Yanto Santosa, D.E.A



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Ilmu Pengelolaan Hutan:
Prof. Dr. Ir. Hendrayanto, M.Agr.Sc
NIP 196111261986011001

Dekan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan:
Prof. Dr. Ir. Dodik Ridho Nurrochmat, M.Sc, F.Prop
NIP 197003291996081001


Tanggal Ujian: 30 Juli 2026

Tanggal Lulus: 11 AUG 2026



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah pengembangan model kerawanan konflik satwa, dengan judul “Model Kerawanan Spasial Berbasis Pembelajaran Mesin untuk Konflik Manusia-Gajah di Kabupaten Pidie, Aceh”.

Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menempuh jenjang pendidikan pada Program Studi Pascasarjana Ilmu Pengelolaan Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor. Penulis mengucapkan terima kasih kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. I Nengah Surati Jaya, M.Agr., dan Prof. Dr. Ir. Yanto Santosa, D.E.A., yang telah membimbing, berbagi ilmu, serta banyak memberikan saran selama kegiatan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan dan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) selaku donatur dan fasilitator yang telah mendukung pendanaan selama menempuh pendidikan magister ini.

Ungkapan terima kasih yang tulus juga penulis persembahkan kepada Ayah Basri, Bunda Yuliar, yang mendukung dan senantiasa mendoakan penulis agar dapat bertahan dan selalu berada di sisi penulis untuk mendukung setiap detail langkah yang akan diambil. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Saudari Riska Ullyana, S.P., Saudara Agil Rahmatillah, dan Saudari Rezeki Putroe Balqis yang selalu mendukung penulis.

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Uus Mukarom, Saudara Amati Eltriman Hulu, Saudara Dandy Andriansyah R, Saudara Ofrinaldi, Saudara I Made Khrisna Yoga Devandra, serta rekan-rekan Laboratorium GIS & Remote Sensing, dan kepada teman-teman IPH 24: Handoko, Alam, Adim, Lara, Huma, Ica, Arif, dan lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Juga kepada teman yang selalu memberikan semangat, yaitu saudari Dinda, Mawar, Nazira, Nisak, Salsa, Adel, Dila, Anun, Rizka dan Sasa.

Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan serta berkontribusi pada kemajuan ilmu pengetahuan di masa mendatang.

Bogor, Agustus 2026

Risna Olayani



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
METODE	4
2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	4
2.2 Alat dan Data	4
2.3 Prosedur Penelitian	5
2.4 Pengolahan dan Analisis Data	16
HASIL DAN PEMBAHASAN	21
3.1 Model Regresi Linier Berganda	21
3.2 Machine Learning Model	23
3.3 Perbandingan Dari Model Machine Learning Dan Regresi Linier Berganda	30
SIMPULAN DAN SARAN	34
4.1 Simpulan	34
4.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	41
RIWAYAT HIDUP	59



DAFTAR TABEL

1	Tabel 1 Jenis data yang digunakan	5
2	Tabel 2 Persamaan citra sintetis	8
3	Tabel 3 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Tahun 2025	10
4	Tabel 4 Luas dan Persentase Kelas Tutupan Lahan	10
5	Tabel 5 Nilai Rentang antar Skema KDE	14
6	Tabel 6 Skema Pemilihan KDE	14
7	Tabel 7 Uji Multikolinearitas RLB	21
8	Tabel 8 Koefisien Regresi Linier Berganda	21
9	Tabel 9 Anova and Overall Model Significance	22
10	Tabel 10 Evaluasi Model Model Regresi Linier Berganda	22
11	Tabel 11 Uji Akurasi Kelas Kerawanan RLB	23
12	Tabel 12 Optimasi Parameter	24
13	Tabel 13 Hasil klasifikasi model DTML	25
14	Tabel 14 Optimasi Parameter DTML Skema 2	27
15	Tabel 15 Hasil klasifikasi model DTML Skema 2	28
16	Tabel 16 Perbandingan Hasil model machine learning (Skema 1 dan Skema 2) dan Regresi Linier Berganda	30

DAFTAR GAMBAR

17	Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian	4
18	Gambar 2 Alur Penelitian	6
19	Gambar 4 Peubah Sosio-Biogeofisik (a) Slope, (b) Elevasi, (c) Jarak dari jalan, (d) Jarak dari sungai, (e) Kepadatan penduduk, dan (f) Jarak dari pemukiman	7
20	Gambar 5 Indeks spektral: (A) NDVI 2019, (B) NDVI 2025, (C) NDBI 2019, (D) NDBI 2025, (E) MNDWI 2019, dan (F) MNDWI 2025	9
21	Gambar 6 Skema KDE Radius 3.5 km (a) Natural Breaks dan (b) Equal Interval	11
22	Gambar 7 Skema KDE Radius 5km (a) Natural Breaks, (b) Equal Interval dan Skema KDE Radius 7km (c) Natural Breaks, (d) Equal Interval	12
23	Gambar 8 Skema KDE Radius 9km (a) Natural Breaks, (b) Equal Interval dan Skema KDE Radius 10km (c) Natural Breaks, (d) Equal Interval	13
24	Gambar 9 Seleksi Fitur DTML	24
25	Gambar 10 Model Pohon Keputusan Kelas Kerawanan Skema 1	25
26	Gambar 11 Model Pohon Keputusan Kelas Kerawanan Skema 2	29
27	Gambar 12 Perbandingan (a) Model DTML Skema 1 dan (b) Model DTML Skema 2	30
28	Gambar 13 Perbandingan (A) Kelas Kerawanan DTML dan (B)) Kelas Kerawanan RLB	32
29	Gambar 14 Kondisi HEC di Kabupaten Pidie	33



DAFTAR LAMPIRAN

30	Lampiran 1 Model pohon keputusan terbaik skema 1	41
31	Lampiran 2 Model pohon keputusan terbaik skema 2	41
32	Lampiran 3 Hasil Optimasi Parameter Tutupan Lahan	42
33	Lampiran 4 Hasil Seleksi Fitur Tutupan Lahan	42
34	Lampiran 5 Visualisasi Hasil Analisis Tutupan Lahan (A) Tahun 2019 dan (B) Tahun 2025	43
35	Lampiran 6 Cuplikan struktur model pohon keputusan tutupan lahan 2025	44
36	Lampiran 6a Cuplikan struktur model pohon keputusan tutupan lahan 2025	45
37	Lampiran 6b Cuplikan struktur model pohon keputusan tutupan lahan 2025	46
38	Lampiran 6c Cuplikan struktur model pohon keputusan tutupan lahan 2025	47
39	Lampiran 6d Cuplikan struktur model pohon keputusan tutupan lahan 2025	48
40	Lampiran 6d-1 Cuplikan struktur model pohon keputusan tutupan lahan 2025	49
41	Lampiran 6d-2 Cuplikan struktur model pohon keputusan tutupan lahan 2025	50
42	Lampiran 6e Cuplikan struktur model pohon keputusan tutupan lahan 2025	51
43	Lampiran 7 Model Terbaik Pohon Keputusan Kelas Tutupan Lahan	52