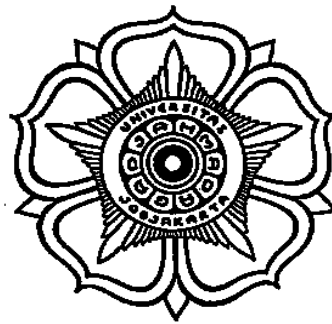


**PREDIKSI KEHADIRAN BADAQ SUMATERA (*Dicerorhinus sumatrensis*)
DAN ANALISIS STRUKTUR LANSKAP HABITATNYA
DI TAMAN NASIONAL BUKIT BARISAN SELATAN**

Tesis

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat S2



Diajukan oleh

Deddy Rusman

14/371833/PKT/1175

Kepada

PROGRAM STUDI ILMU KEHUTANAN
PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2016

TESIS

**PREDIKSI KEHADIRAN BADAK SUMATERA (*Dicerorhinus sumatrensis*)
DAN ANALISIS STRUKTUR LANSKAP HABITATNYA
DI TAMAN NASIONAL BUKIT BARISAN SELATAN**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

Deddy Rusman

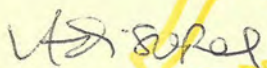
14/371833/PKT/1175

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal 27 Juni 2016


Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama



Dr. Sena Adi Subrata, S.Hut., M.Sc.

Penguji I



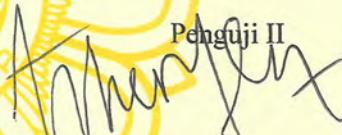
Dr. Sigit Heru Murti BS, S.Si., M.Si.

Pembimbing Pendamping



Dr. Wahyu Wardhana, S.Hut., M.Sc.

Penguji II



Dr. Much. Taufik Tri Hermawan, S. Hut., M.Si.

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar Master of Science (M.Sc.)

Tanggal

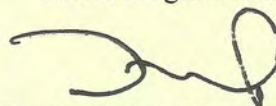
Dekan Fakultas Kehutanan



Dr. Satyawan Pudyatmoko, S.Hut., M.Sc.

NIP. 19710809 199512 1 001

Ketua Program Studi S2



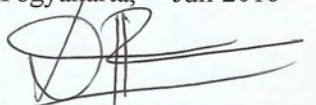
Dr. Budiadi, S.Hut., M.Agr.Sc.

NIP. 19700518 199512 1 001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Juli 2016



Deddy Rusman

NIM. 14/371833/PKT/01175

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan ridho-Nya tesis ini dapat disusun dan diselesaikan. Selama menempuh pendidikan dan penulisan serta penyelesaian tesis ini penulis banyak memperoleh dukungan baik secara moril maupun materiil dari berbagai pihak.

Pada kesempatan ini dengan penuh kerendahan hati penulis haturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Sena Adi Subrata, S. Hut., M.Sc. selaku pembimbing utama dan Bapak Dr. Wahyu Wardhana, S. Hut., M.Sc. selaku pembimbing pendamping, yang di dalam berbagai kesibukan dapat menyempatkan diri membimbing dan mengarahkan serta memberi petunjuk dan saran yang sangat berharga bagi penulisan tesis ini;
2. Bapak Dr. Sigit Heru Murti BS, S.Si., M.Si., Bapak Dr. M. Ali Imron, S.Hut., M.Sc dan Bapak Dr. Much. Taufik tri Hermawan, S.Hut., M.Si. selaku komisi penguji, yang memberikan masukan dan saran untuk perbaikan tesis ini;
3. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang telah memberi izin dan sponsor beasiswa dalam penyelenggaraan pendidikan *Magister of Science* di Universitas gadjah Mada;
4. Kepala Balai Besar Taman Nasional Bukit Barisan Selatan atas perkenannya untuk dapat melaksanakan penelitian di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan;
5. Bapak Widodo S. Ramono selaku Direktur Eksekutif Yayasan Badak Indonesia (YABI), Project Leader World Wide Fund Indonesia-TNBBS (WWF-TNBBS dan Koordinator Wildlife Conservation Society-Indonesia Program TNBBS (WCS-IP TNBBS) dan Direktur Program Tropenbos Internasional (TBI) Indonesia atas perkenannya kepada penulis dalam penggunaan data untuk mendukung penelitian ini;
6. Rekan-rekan Balai Besar Taman Nasional Bukit Barisan Selatan dan mitra kerja TNBBS atas bantuannya kepada penulis selama di lapangan;

7. Rekan-rekan PSIK Angkatan 2014 Kementerian LHK (Mia, Andri, Agus, Andi, Tommy, Dyah, Ayu, Lidya dan Remon) atas diskusi, kerjasama dan support yang diberikan selama perkuliahan berlangsung.
8. Budi Mulyana dan Sulistyanto atas waktu, saran serta diskusinya.
9. Mama, Papa, Tetah dan Yomes atas segala doa dan dukungan morilnya sehingga tugas belajar ini dapat selesai dengan baik. Istri tercinta Nur'aini dan anak-anak ku tersayang Bilal Habib dan Kinanti Nindya Shahin atas doa, motivasi, dukungan, pengertian, dan pengorbanan selama ini. Karya ini kupersembahkan untuk kalian.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan berkat dan anugrah-Nya berlimpah bagi beliau-beliau yang tersebut di atas. Sangat disadari dalam tesis ini terdapat banyak kekurangan oleh karena itu semua saran dan kritik penulis terima dengan lapang dada demi kesempurnaan penulisan tesis ini. Akhirnya harapan penulis semoga tesis ini bermanfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, Juli 2016

Deddy Rusman

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
E. Penelitian Lain yang Terkait.....	5
F. Kerangka Pikir Penelitian	10
II. TINJAUAN PUSTAKA	12
A. Bioekologi Badak Sumatera	12
B. Habitat.....	14
C. Seleksi dan Kesesuaian Habitat.....	17
D. Struktur Lanskap.....	20
E. Model Distribusi Spesies (SDM).....	26
F. <i>Maximum Entropy</i> (MaxEnt).....	27
G. Sistem Informasi Geografis	29
III. METODE PENELITIAN	31
A. Lokasi dan Waktu	31
B. Alat dan Bahan.....	32

C. Tahapan Penelitian.....	34
1. Pengumpulan Data dan Informasi.....	34
2. Penyusunan Data Spasial.....	35
2.a. Penyusunan Data Kehadiran (<i>presence</i>) Badak Sumatera..	35
2.b. Penyusunan Spasial Variabel Lingkungan.....	35
3. Analisis Multikolinieritas Antar Variabel Lingkungan	50
4. Membangun Model Prediksi Kehadiran Badak Sumatera dengan MaxEnt.....	52
4.a. Persyaratan Data	52
4.b. Parameter Model.....	53
4.c. Menjalankan Aplikasi MaxEnt	54
4.d. Kinerja Model.....	54
4.e. Model Prediksi Kehadiran Badak Sumatera dalam Bentuk Spasial.....	56
4.f. Evaluasi Prediksi dengan Hasil Survey Lapangan	57
5. Analisis Struktur Lanskap.....	57
D. Bagan Alir Penelitian.....	60
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	61
A. Kinerja dan Evaluasi Model	61
B. Kurva Respon	63
C. Analisis Kontribusi Variabel Lingkungan	71
D. Variabel Lingkungan yang Berkontribusi Terhadap Kehadiran Badak Sumatera di TNBBS	76
E. Prediksi Kehadiran Badak Sumatera	80
F. Evaluasi Hasil Prediksi dengan Hasil Survey Lapangan	84
G. Analisis Struktur Lanskap pada Daerah Probabilitas Kehadiran Badak Sumatera di TNBBS	88
G.1. Analisis Struktur Lanskap Kawasan TNBBS	88
G.2. Analisis Struktur Lanskap Habitat Badak Sumatera di TNBBS	95
H. Implikasi Pengelolaan habitat Badak Sumatera di TNBBS	98

V. KESIMPULAN DAN SARAN	102
A. Kesimpulan	102
B. Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	104
LAMPIRAN.....	112

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Beberapa Penelitian yang Terkait Dengan Tema Penelitian	6
Tabel 2. Penggunaan Alat dan fungsinya	32
Tabel 3. Data, Sumber Data dan Penggunaan Data	32
Tabel 4. Uji <i>Variance Inflation Factor</i> (VIF) Terhadap 12 Variabel Lingkungan	51
Tabel 5. Uji <i>Variance Inflation Factor</i> (VIF) Terhadap 11 Variabel Lingkungan	52
Tabel 6. Parameter Regulasi pada MaxEnt.....	54
Tabel 7. Klasifikasi Ukuran Kinerja Model Berdasarkan Nilai <i>Area Under Curve</i> (AUC).....	56
Tabel 8. Kontribusi Variabel Lingkungan Berdasarkan Pada Peringkat	71
Tabel 9. Nilai Setiap Variabel Lingkungan Terhadap Kehadiran Badak Sumatera	77
Tabel 10. Klasifikasi Penutupan Lahan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan Tahun 2014	88
Tabel 11. Hasil Patch Analyst Skala Lanskap	88
Tabel 12. Hasil Patch Analyst Pada Skala Kelas Kawasan Taman Nasioanl Bukit Barisan Selatan	89
Tabel 13. Hasil Patch Analyst Skala Kelas Pada patch Tutupan Lahan Hutan Primer yang Dipilih Oleh Badak Sumatera.....	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Kerangka Pemikiran Penelitian.....	11
Gambar 2. Hubungan Antara Skala Spasial dan Skala Temporal Dalam Seleksi Habitat.....	19
Gambar 3. Komponen Model Distribusi Spesies (SDM)	27
Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian	31
Gambar 5. Variabel Lingkungan Tutupan Lahan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan Format Raster	36
Gambar 6. Variabel Lingkungan Sumber Pakan Format raster	38
Gambar 7. Variabel Lingkungan Ketinggian Tempat Format Raster	39
Gambar 8. Variabel Lingkungan Kelerengan Tempat Format Raster	40
Gambar 9. Variabel Lingkungan Jarak dari Sungai Format Raster	41
Gambar 10. Variabel Lingkungan Jarak dari Jalan Format Raster	42
Gambar 11. Variabel Lingkungan Jarak dari Pemukiman Format Raster	43
Gambar 12. Variabel Lingkungan Jarak dari Perkebunan Format Raster	43
Gambar 13. Variabel Lingkungan Temperatur Format Raster	46
Gambar 14. Variabel Lingkungan Curah Hujan Bulan Juni-Juli- Agustus Format Raster	48
Gambar 15. Variabel Lingkungan Curah Hujan Bulan September- Oktober-November Format Raster	49
Gambar 16. Variabel Lingkungan Curah Hujan Bulan Desember-Januari- Februari Format Raster	49
Gambar 17. Variabel Lingkungan Curah Hujan Bulan Maret-April- Mei Format Raster	50
Gambar 18. Tahapan Penelitian.....	60
Gambar 19. Kurva <i>Sensitivity</i> dan <i>Specificity</i> Model Prediksi	62
Gambar 20. Kurva <i>Average Omission</i> dan <i>Predicted Area</i> model Prediksi ..	63
Gambar 21. Kurva Respon 12 Variabel Lingkungan	64
Gambar 22. Kurva Respon Variabel Lingkungan Curah Hujan Bulan Juni- Juli-Agustus	65

Gambar 23. Kurva Respon Variabel Lingkungan Curah Hujan Bulan September-Oktober-November.....	65
Gambar 24. Kurva Respon Variabel Lingkungan Curah Hujan Bulan Desember-Januari-Februari.....	66
Gambar 25. Kurva Respon Variabel Lingkungan Curah Hujan Bulan Maret-April-Mei	66
Gambar 26. Kurva Respon Variabel Lingkungan Jarak dari Jalan.....	67
Gambar 27. Kurva Respon Variabel Lingkungan Jarak dari Pemukiman.....	67
Gambar 28. Kurva Respon Variabel Lingkungan Jarak dari Perkebunan.....	68
Gambar 29. Kurva Respon Variabel Lingkungan Jarak dari Sungai.....	68
Gambar 30. Kurva Respon Variabel Lingkungan Tutupan Lahan	69
Gambar 31. Kurva Respon Variabel Lingkungan Sumber Pakan	69
Gambar 32. Kurva Respon Variabel Lingkungan Kemiringan Tempat	70
Gambar 33. Kurva Respon Variabel Lingkungan Temperatur	70
Gambar 34. Hasil Uji <i>Jackknife</i> pada <i>Training Gain</i>	72
Gambar 35. Hasil Uji <i>Jackknife</i> pada <i>Test Gain</i>	72
Gambar 36. Hasil Uji <i>Jackknife</i> pada <i>Area Under Curve (AUC)</i>	73
Gambar 37. Hasil Uji <i>Jackknife</i> pada <i>Area Under Curve (AUC)</i> Tanpa Variabel.....	74
Gambar 38. Prediksi Hasil MaxEnt	80
Gambar 39. Prediksi Hasil Maxent dengan Titik Kehadiran.....	81
Gambar 40. Kesesuaian Habitat Badak Sumatera di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan.....	82
Gambar 41. Tumpang Susun antara Data Temuan Jejak Badak Sumatera Tahun 2015 dengan Daerah Kesesuaian Habitat Badak sumatera di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan	84
Gambar 42. Tumpang Susun antara Data Temuan Jejak Badak Sumatera Tahun 2016 dengan Daerah Kesesuaian Habitat Badak sumatera di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan	85

Gambar 43. (a) Jejak tapak Badak Sumatera, (b) Kubang, (c) Kaisan, (d) Gesekan cula, (e) Bekas plintiran pakan dan (f) Kotoran lama Badak Sumatera	86
Gambar 44. (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g) dan (h) daerah yang diprediksi sebagai habitat yang sesuai bagi Badak Sumatera...	87
Gambar 45. Komposisi Penutupan Lahan Lanskap Taman Nasional Bukit Barisan Selatan.....	90
Gambar 46. Jumlah Patch setiap Kelas Penutupan Lahan Kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan	91
Gambar 47. <i>Mean Patch Size</i> (MPS) Setiap Kelas Penutupan Lahan kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan.....	92
Gambar 48. <i>Edge Density</i> (ED) Setiap Kelas Penutupan Lahan kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan	93
Gambar 49. <i>Mean Shape index</i> (MSI) Setiap Kelas Penutupan Lahan kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan.....	94

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Prediksi Hasil Maxent	112
Lampiran 2. Kesesuaian Habitat Badak Sumatera di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan.....	113
Lampiran 3. Hasil Patch Analyst Skala Kelas Pada Patch Hutan Primer Dan Titik Kehadiran Badak Sumatera di Lapangan	114
Lampiran 4. Aplikasi MaxEnt dan Parameter Regulasi.....	119
Lampiran 4. Parameter Aplikasi Patch Analyst Pada Skala Lanskap dan Kelas	120

INTISARI

DEDDY RUSMAN. Prediksi Kehadiran Badak Sumatera (*Dicerorhinus sumatrensis*) dan Analisis Struktur Lanskap Habitatnya di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. Dibimbing oleh SENA ADI SUBRATA dan WAHYU WARDHANA.

Tekanan dan gangguan terhadap kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) menyebabkan terjadinya penurunan kualitas dan kuantitas habitat Badak Sumatera. Berdasarkan kondisi tersebut maka perlu dilakukan upaya penyelamatan dan perlindungan terhadap habitat dan populasinya. Untuk mendukung upaya tersebut diperlukan data dan informasi mengenai daerah yang dipilih oleh Badak Sumatera sebagai habitatnya di TNBBS. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi kehadiran Badak Sumatera, menyusun peta prediksi kehadiran Badak Sumatera dan mengidentifikasi struktur lanskap habitat Badak Sumatera di TNBBS.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Species Distribution Modeling* (SDM) yaitu model *Maximum Entropy* (MaxEnt). Model MaxEnt dalam penelitian ini menggunakan data *presence* Badak Sumatera yang terkumpul dari tahun 2011-2014 dan 13 variabel lingkungan yang diduga mempengaruhi keberadaan Badak Sumatera. Untuk analisis struktur lanskap, pengukuran metrik lanskap dilakukan pada daerah yang memiliki probabilitas tinggi ditemukannya Badak Sumatera dengan menggunakan tutupan lahan TNBBS tahun 2014 dan aplikasi *Patch Analyst*.

Hasil MaxEnt menunjukkan kinerja model prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS memiliki nilai AUC sebesar 0.939, dimana nilai tersebut masuk dalam kategori sangat baik dalam memprediksi kehadiran Badak Sumatera. Variabel lingkungan yang berpengaruh terhadap kehadiran Badak Sumatera di TNBBS adalah curah hujan bulan Juni-Juli-Agustus, jarak dari perkebunan, kemiringan tempat, jarak dari sungai, curah hujan bulan September-Oktober-Nopember, jarak dari pemukiman, jarak dari jalan, curah hujan bulan Maret-April-Mei dan temperatur. Secara spatial bagian tengah kawasan TNBBS merupakan daerah yang sesuai bagi Badak Sumatera dengan luas daerah sebesar 25,940.80 Ha atau hanya 8.28 % dari kawasan TNBBS. Dalam skala lanskap, habitat Badak Sumatera memiliki indeks keanekaragaman dan keseragaman yang baik serta memiliki edge yang besar. Dalam skala kelas, Badak Sumatera lebih senang berada di hutan primer dengan keluasan rata-rata yang dapat mendukung daerah jelajahnya serta memiliki edge yang besar.

Kata Kunci : Badak sumatera, Habitat, Spesies Distribution Modeling, MaxEnt, Struktur Lanskap

ABSTRACT

DEDDY RUSMAN. Predicting The Sumatran Rhinoceros (*Dicerorhinus sumatrensis*) Distribution and Analyzing Landscape Structure of Its Habitat in Bukit Barisan Selatan National Park. Supervised by SENA ADI SUBRATA and WAHYU WARDHANA.

Pressure and disturbance in Bukit Barisan Selatan National Park (BBSNP) cause a decrease quality and quantity of habitat the Sumatran rhino. With these conditions it is necessary to rescue and protection of the habitat and population of the Sumatran rhino. To support these efforts, the data and information on areas chosen by a Sumatran rhino habitat in BBSNP is indispensable. The purpose of the study are to identify the environmental factors that influence the distribution of Sumatran rhinoceros, making the Sumatran rhinoceros prediction map and identify the landscape structure of habitats the Sumatran rhinoceros in BBSNP.

This study using one of the methods Species Distribution Modeling (SDM) is Maximum Entropy (MAXENT) model. MAXENT models in this study used data collected presence of Sumatran rhinoceros in 2011-2014 and 13 environmental variables suspected to affect the presence of the Sumatran rhino. For the analysis of landscape structure, the landscape metric measurements are used in areas that have a high probability of finding the Sumatran rhino using BBSNP land cover 2014 and Patch Analyst software.

MAXENT shows the model performance of distribution prediction of Sumatran rhinoceros in BBSNP has value of AUC as 0,939, where the value in the category very well to predict the presence of the Sumatran rhinoceros. Environmental variables that influence the presence of Sumatran rhinoceros in BBSNP are rainfall in June-July-August, distance from the plantation, slope, distance from the river, the rainfall in September-October-November, distance from the settlement, distance from roads, the rainfall in March-April-May and temperature. Spatially, in the middle of park is the suitable area for the Sumatran rhinoceros with an area of 25,940.80 hectares or only 8,28% of BBSNP. In a landscape scale, the Sumatran rhinoceros habitat has a diversity index and uniformity was good and had a big edge. In the class scale, the Sumatran rhinoceros is more like being in a primary forest with an average broadness to support the home range area and has a large edge.

Keyword : Sumatran Rhinoceros, Habitat, Spesies distribution modeling, MaxEnt, Landscape Structure

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Badak merupakan salah satu mamalia darat terbesar setelah gajah yang terancam punah. Saat ini, hanya terdapat 5 spesies badak yang masih bertahan di dunia, tiga jenis berada di Asia yaitu *Dicerorhinus sumatrensis* (Badak Sumatera), *Rhinoceros sondaicus* (Badak Jawa), *Rhinoceros unicornis* (Badak India) dan dua jenis lainnya berada di Afrika yaitu *Ceratotherium simum* (Badak Putih Afrika) dan *Diceros bicornis* (Badak Hitam Afrika) (Foose dkk. 1997). Dari tiga spesies badak Asia, dua diantaranya yaitu *Dicerorhinus sumatrensis* (Badak Sumatera), *Rhinoceros sondaicus* (Badak Jawa) berada di Indonesia dan saat ini masuk dalam kategori *critically endangered* atau terancam punah dalam daftar *Red List Data Book* yang dikeluarkan oleh *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN) (Van Strien dkk., 2008).

Badak Sumatera merupakan badak terkecil dan jenis yang paling primitif dari kelima jenis badak yang masih hidup (Van Strien 1974; Groves dkk., 2010). Badak Sumatera terdistribusi di seluruh Asia Tenggara sampai ke kaki pegunungan Himalaya (Corbett dan Hill, 1992), namun saat ini keberadaannya terbatas dan terisolasi di Indonesia dan Malaysia. Pada tahun 1993 diperkirakan populasi Badak Sumatera berjumlah sekitar 356 – 495 individu dan tersebar di Malaysia dan Indonesia (Foose dkk., 1997). Pada tahun 2011 populasi Badak Sumatera diperkirakan hanya 216 – 284 individu (Zafir dkk., 2011) dan jumlahnya terus menurun setelah adanya penurunan drastis di Malaysia (Talukdar, 2011).

Di Indonesia, keberadaan Badak Sumatera terdapat di pulau Sumatera dan Kalimantan (Foose dkk., 1997). Keberadaan Badak Sumatera di pulau Sumatera dapat ditemukan di empat bentang alam yaitu Taman Nasional Way Kambas, Taman Nasional Kerinci Seblat, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan dan Taman Nasional Gunung Leuser sedangkan di Kalimantan (*D. S. harrisoni*) dapat di temukan di Propinsi Kalimantan Timur, Barat dan Tengah (Foose dkk., 1997; Meijaard, 1996; Nardelli, 2014). Namun pada tahun 2005 terjadi kepunahan lokal

Badak Sumatera di Taman Nasional Kerinci Seblat (Isnan, 2006). Adanya kepunahan lokal di Taman Nasional Kerinci Seblat tersebut, upaya konservasi Badak Sumatera di Indonesia hanya menyisakan di 3 bentang alam yaitu Taman Nasional Bukit Barisan Selatan, Taman Nasional Way Kambas dan Taman Nasional Gunung Leuser.

Populasi Badak Sumatera di kawasan TNBBS berdasarkan data terakhir hasil survey *Rhino Protection Unit* (RPU) Yayasan Badak Indonesia (YABI) tahun 2005 bahwa populasi Badak Sumatera kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) sekitar 60 hingga 80 ekor dan diperkirakan jumlahnya terus menurun seiring dengan rusaknya kawasan TNBBS. Foose dkk., (1997) mengatakan bahwa TNBBS memiliki daya dukung lingkungan yang sanggup untuk menampung 70 hingga 360 ekor Badak Sumatera. Hal tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan kemampuan daya dukung kawasan TNBBS sebagai habitat Badak Sumatera sehingga kemungkinan dapat menyebabkan terjadinya penurunan populasi satwa tersebut.

Menurut Kinnaird dkk., (2003); Isnan (2006); Linkie dkk., (2006) rusaknya Habitat Badak Sumatera di TNBBS, salah satunya disebabkan oleh fragmentasi habitat akibat pembangunan jalan dan hilangnya hutan akibat perambahan. Berdasarkan data statistik TNBBS tahun 2013, terdapat 5 (lima) jalan yang berada di dalam kawasan taman nasional dan lebih 52.585 hektar kawasan hutan di TNBBS rusak berat akibat perambahan. Kegiatan perambahan itu telah mengakibatkan kerusakan dan konversi areal hutan TNBBS menjadi areal perladangan kopi, lada, cokelat dan tanaman pertanian lainnya sekaligus sebagai areal permukiman. Selain itu, adanya tanaman invasif spesies jenis Mantangan (*Merremia peltata*) juga memberikan kontribusi terhadap rusaknya habitat Badak Sumatera di TNBBS. Saat ini lebih dari 7.000 ha kawasan TNBBS telah di dominasi oleh tanaman invasif spesies jenis Mantangan. Penelitian Master dkk. (2013) menunjukkan bahwa area hutan yang terinvasi jenis Mantangan akan memiliki indeks keragaman tumbuhan yang lebih rendah dari pada kawasan yang tidak tereksansi. Hal tersebut berpengaruh terhadap ketersediaan pakan bagi satwa liar, salah satunya adalah pakan Badak Sumatera.

Tekanan dan gangguan tersebut terhadap kawasan TNBBS seluas 356.800 ha, diduga berdampak negatif pada kualitas dan kuantitas habitat Badak Sumatera. Hilangnya habitat, degradasi kualitas dan fragmentasi habitat merupakan penyebab yang cukup signifikan terhadap kepunahan populasi dan spesies (Hanski, 1998). Berdasarkan kondisi tersebut, maka perlu dilakukan upaya penyelamatan dan perlindungan Badak Sumatera baik dari segi habitat maupun populasinya. Salah satu upaya penyelamatan Badak Sumatera di TNBBS yaitu dibuatnya strategi dan rencana aksi konservasi badak 2007-2017 yang di tetapkan melalui permenhut No. P.43/Menhut-II/2007. Untuk mendukung strategi dan rencana aksi tersebut, maka dibutuhkan data dan informasi mengenai prediksi sebaran spasial Badak Sumatera dan habitatnya di TNBBS sehingga bagian kawasan TNBBS yang masih sesuai bagi habitat Badak Sumatera dapat segera dilindungi dan dikelola dengan lebih intensif. Semua tipe ekosistem layak dilindungi, tetapi bagian kawasan konservasi di mana spesies menonjol yang dimilikinya mengalami tekanan terhadap kelestarian populasi ataupun habitatnya maka jelas perlu dilakukan pengelolaan dengan segera (MacKinnon dkk., 1986).

B. Perumusan Masalah

Taman Nasional Bukit Barisan merupakan salah satu bentang alam yang menjadi prioritas dalam strategi dan rencana aksi konservasi badak 2007-2017 yang di tetapkan melalui Permenhut No. P.43/Menhut-II/2007, hal tersebut disebabkan karena semakin menurunnya populasi Badak Sumatera di Indonesia. Tekanan terhadap populasi maupun habitat satwa ini sebagian besar diakibatkan oleh aktivitas manusia seperti konversi kawasan hutan untuk perkebunan, perluasan pemukiman, serta pembangunan infrastruktur lainnya seperti jalan. Tindakan yang serius diperlukan untuk mengatasi persoalan tersebut antara lain dengan melakukan upaya penyelamatan dan perlindungan Badak Sumatera dan habitatnya. Namun terdapat permasalahan yang harus dihadapi dalam upaya konservasi tersebut diantaranya yaitu adanya keterbatasan data dan informasi mengenai dimana Badak Sumatera terdistribusi, faktor-faktor habitat yang penting bagi Badak Sumatera dan struktur lanskap yang menjadi habitatnya.

Kajian terhadap distribusi Badak Sumatera dan habitatnya untuk kawasan dengan keluasan relatif sempit berdasarkan keberadaannya dapat dilakukan melalui survey lapangan secara langsung. Namun untuk kawasan yang memiliki luasan yang cukup besar seperti TNBBS dimana permasalahan dalam pemanfaatan lahan dan hutan cukup kompleks serta sifat pemalu satwa yang sangat waspada dan cenderung menjauhi pertemuan langsung dengan manusia maka kajian habitat dengan melakukan survey lapangan secara langsung dipandang kurang efektif. Spesies distribution modeling (SDM) dan GIS merupakan salah satu aplikasi yang dapat digunakan untuk membantu melakukan kajian habitat dalam skala luas. Kawasan TNBBS seluas 356.500 ha memerlukan kajian secara menyeluruh terkait fungsinya sebagai habitat Badak Sumatera.

Pertimbangan terhadap kompleksitas permasalahan yang dihadapi, maka kajian terhadap distribusi Badak Sumatera dan habitatnya di TNBBS dengan menggunakan metode *spesies distribution modeling* (SDM) berbasis spasial dan analisis struktur lanskap diharapkan dapat menjawab pertanyaan mengenai:

1. Faktor lingkungan apa saja yang mempengaruhi keberadaan Badak Sumatera di TNBBS.
2. Dimana lokasi yang memiliki probabilitas tinggi ditemukannya Badak Sumatera di TNBBS sehingga pembinaan habitat dapat dilakukan dengan efektif dan efisien.
3. Bagaimana struktur lanskap pada daerah yang menjadi habitat Badak Sumatera di TNBBS.

Adanya informasi tersebut diharapkan menjadi langkah awal yang mungkin dilakukan dengan segala keterbatasan yang ada bagi pengelolaan habitat dan pengelolaan populasi Badak Sumatera di TNBBS. Dengan demikian pengelolaan dapat difokuskan pada lokasi-lokasi tersebut sehingga konservasi terhadap spesies ini menjadi lebih efektif dan efisien.

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengidentifikasi faktor lingkungan yang berkontribusi terhadap kehadiran Badak Sumatera di TNBBS.
2. Menyusun dan mengidentifikasi model spasial prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS.
3. Mengidentifikasi struktur lanskap habitat Badak Sumatera di TNBBS.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain adalah:

1. Memberikan data dan informasi mengenai faktor lingkungan yang mempengaruhi keberadaan Badak Sumatera, sebaran spasial Badak Sumatera dan struktur lanskap habitatnya di TNBBS.
2. Menjadi masukan strategis dalam pengelolaan habitat dan populasi Badak Sumatera di kawasan TNBBS sehingga pembinaan habitat dapat dilakukan secara terfokus dan komprehensif.
3. Menjadi bahan untuk memperkaya ilmu pengetahuan di bidang kehutanan mengenai penerapan model distribusi spesies dan SIG dalam pengelolaan habitat satwa liar.

E. Penelitian Lain yang Terkait

Penelitian mengenai Badak Sumatera baik dari segi distribusi maupun habitatnya sudah pernah dilakukan sebelumnya diantaranya yaitu analisis habitat Badak Sumatera (*Dicerorhinus sumatrensis* Fischer 1984) studi kasus : Taman Nasional Way Kambas oleh Harnios Arif (2005), Landscape-level assessment of the distribution of the Sumatran rhinoceros in Bukit Barisan Selatan National Park, Sumatra oleh Wulan Pusparini dan Hariyo T Wibisono (2013), kajian habitat dan populasi Badak Sumatera (*Dicerorhinus sumatrensis* Fischer 1984) di Kapi, Kawasan Ekosistem Leuser Propinsi Aceh oleh Rudi Hadiansyah Putra (2014), Ecology and Conservation of Endangered Species in Sumatra: Smaller Cats and the

Sumatran Rhinoceros (*Dicerorhinus Sumatrensis*) As Case Studies oleh Wulan Pusparini (2014). Penelitian mengenai prediksi kehadiran Badak Sumatera (*Dicerorhinus Sumatrensis*) dan analisis struktur lanskap habitatnya di TNBBS belum pernah dilakukan sebelumnya.

Beberapa penelitian yang terkait dengan distribusi dan habitat Badak Sumatera secara rinci dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini,

Tabel 1. Beberapa Penelitian yang Terkait Dengan Tema Penelitian

No	Nama dan Judul Penelitian	Tahun	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Keterangan
1.	Markus Borner/ A Field Study of Sumatran rhinoceros (<i>Dicerorhinus sumatrensis</i> Fischer 1984) Ecology and Behaviour Conservation in Sumatra	1979	Metode untuk <i>general survey</i> menggunakan interview pihak terkait dan orientasi langsung di lapangan. Survey lapangan mencakup sekitar 45.000 km dengan jip dan truk kayu, 800 km dengan dugout dan perahu motor, 6000 km dengan pesawat, lebih dari 1200 km dengan helikopter dan sekitar 3.000 km dengan berjalan kaki. Untuk penelitian ekologi dan perilaku dilakukan dengan pengamatan langsung dan menggunakan track analysis	Di Gunung Leuser masih terdapat sekitar 20 – 40 badak sumatera. Untuk TNKS diperkirakan masih ada sekitar 20 individu dan sisanya berada di langkat, Torgamba, Sumatera Selatan I (TNBBS). diperkirakan masih terdapat 100-160 ekor di Asia Tenggara dimana sekitar 40-75 individu berada di Sumatera. Badak Sumatera hidup di dataran huta primer sampai hutan-hutan lembab. Badak Sumatera menghindari rawa-rawa dan paya-paya serta hutan sekunder yang dibuat oleh manusia.	Inaugural-Dissertation <i>Philosophisch-Naturwissenschaftliche Fakultät Universität Basel</i>

No	Nama dan Judul Penelitian	Tahun	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Keterangan
2.	Harnios Arif / Analisis Habitat Badak Sumatera (<i>Dicerorhinus sumatrensis</i> Fischer 1984) Studi Kasus : Taman Nasional Way Kambas	2005	Metode yang digunakan adalah analisis spasial, analisis air, analisis vegetasi, analisis cluster dan analisis multiple regression.	Kecukupan akan ketersediaan air, topografi yang tidak terlalu curam adalah daerah yang disukai Badak. Tipe hutan hujan dataran rendah tanah kering merupakan tipe hutan yang disukai oleh Badak Sumatera di TNWK. Perubahan tutupan hutan di TNWK menjadi penyebab turunnya kualitas dan kuantitas habitat Badak Sumatera di TNWK. Berdasarkan analisis stepwise regression, aktivitas manusia merupakan variabel yang mempengaruhi jumlah badak di TNWK	Disertasi Fakultas Kehutanan IPB
3.	Wulan Pusparini dan Hariyo T Wibisono/ <i>Landscape-level Assessment of The Distribution of The Sumatran Rhinoceros in Bukit Barisan Selatan National Park, Sumatra</i>	2013	Survei dilakukan secara sistematis dengan menggunakan <i>patch occupancy</i> di TNBBS. Sebanyak 55 grid (72,25 km ²) antara November 2007 dan Juli 2008 disurvei untuk mengestimasi proporsi daerah yang dihuni oleh Badak. Tanda-tanda badak, seperti tapak, kotoran dan kubangan terekam di rute transek sepanjang 833 km dan 1-km ukuran grid digunakan untuk mengetahui <i>presence</i> dan <i>absence</i> .	tanda-tanda keberadaan badak terdeteksi di 11 grid menghasilkan hunian naif dari 0,2. Pemodelan hunian digunakan untuk mengendalikan probabilitas deteksi yang tidak sempurna (P). Berdasarkan model Royle / Nichols Heterogenitas disimpulkan bahwa Badak Sumatera menduduki sekitar 32% dari luas TNBBS (SE = 0,09).	Jurnal <i>Pachyderm</i> No. 53 January–June 2013

No	Nama dan Judul Penelitian	Tahun	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Keterangan
4.	Rudi Hadiansyah Putra / Kajian Habitat dan Populasi Badak Sumatera (<i>Dicerorhinus sumatrensis</i> Fischer 1984) di Kapi, Kawasan Ekosistem Leuser Propinsi Aceh	2014	Metode pengambilan data berupa observasi langsung dengan Patch Occupancy dan identifikasi jejak serta wawancara dengan masyarakat. Lokasi penelitian dibagi ke dalam 72 grid berukuran 4 x 4 km atau seluas 1600 hektar yang dijelajahi sejauh 8 Km setiap gridnya dan mengumpulkan setiap temuan badak sumatera serta temuan lainnya yang relevan berupa kondisi fisik dan biologis dan gangguan manusia. Wawancara dilakukan kepada orang-orang yang pernah melakukan perburuan Badak sumatera di Kapi.	Penelitian ini berhasil mendapatkan 23 temuan badak sumatera yang terdiri dari 14 jejak, 4 kubangan, 2 gesekan cula, 1 kaisan kaki dan 2 sisa pakan. Temuan Badak sumatera menyebar di 14 dari 72 grid yang disurvei atau nilai naïve occupancy sebesar 0,194 atau badak menyebar di 19,4% wilayah survey. Dari hasil penelitian ini diperkirakan badak di Kapi berkisar 8 – 14 individu. Kapi juga merupakan habitat yang ideal bagi Badak sumatera karena habitat yang kaya baik sumber pakan, air, mineral serta didukung oleh topografi, kelerengan dan ketinggian yang sesuai.	Tesis Fakultas Kehutanan IPB

No	Nama dan Judul Penelitian	Tahun	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Keterangan
5.	Wulan Pusparini/ <i>Ecology and Conservation of Endangered Species in Sumatra: Smaller Cats and the Sumatran Rhinoceros (Dicerorhinus Sumatrensis) As Case Studies</i>	2014	Metode pengambilan data berupa observasi langsung dengan <i>Patch Occupancy</i> . Lokasi penelitian dibagi ke dalam grid berukuran 8.5 x 8.5 km atau seluas 72.25 km ² . Total grid, 337 grid survey di Leuser Landscape, 28 grid di TNWK dan 56 grid di TNBBS. Menggunakan model hirarkis untuk memperkirakan tingkat kehadiran (%) dan indeks kelimpahan untuk spesies di tiga tempat: Leuser Landscape (LL) pada tahun 2007, Way Kambas (WK) pada tahun dan Bukit Barisan Selatan (BBS) pada tahun 2010.	Keberadaan Badak Sumatera di Leuser diprediksi oleh hutan primer, sungai, hutan, topografi, dan indeks vegetasi. Indeks kelimpahan di TNWK yang dipengaruhi oleh jalan-jalan utama dan semak dan savannah, tapi kehadiran juga dipengaruhi oleh tingkat deforestasi. Di TNBBS, kelimpahan Badak Sumatera dipengaruhi oleh hutan sekunder, jalan biasa, dan deforestasi.	Tesis University of Massachusetts Amherst

Berdasarkan beberapa penelitian terkait diatas, terdapat perbedaan pada penelitian ini dalam memprediksi keberadaan Badak Sumatera di TNBBS dan analisis habitatnya. Dalam memprediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS, penelitian ini menggunakan metode *Species Distribution Modeling* (SDM) yaitu model *Maximum Entropy* (MaxEnt). Dimana dalam pemodelan ini, selain membutuhkan beberapa variabel lingkungan yang dianggap mempengaruhi keberadaan Badak Sumatera juga menggunakan ukuran *pixel* atau *grid* untuk memprediksi kehadiran Badak Sumatera. Selain beberapa variabel lingkungan yang digunakan, penelitian ini juga menggunakan variabel lingkungan yang berkaitan dengan iklim yaitu temperatur dan curah hujan di lokasi penelitian. *Pixel* atau *grid* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30 x 30 meter. Untuk analisis habitatnya, penelitian ini menggunakan *patch analyst* untuk mengidentifikasi struktur lanskap habitat Badak Sumatera di TNBBS.

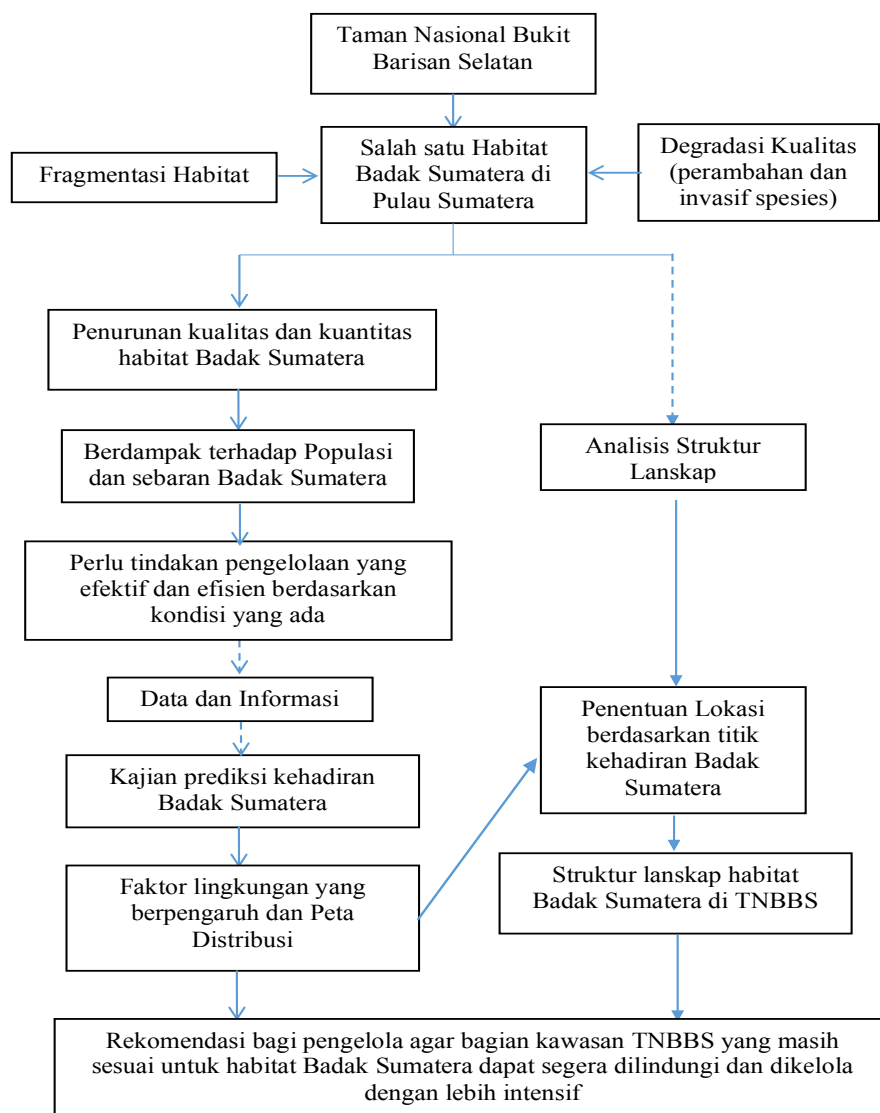
F. Kerangka Pikir Penelitian

Kawasan TNBBS seluas 356.800 ha merupakan habitat alami bagi berbagai jenis satwaliar, termasuk Badak Sumatera. Ekosistem yang menunjang kelangsungan hidup Badak Sumatera di TNBBS juga merupakan bagian dari habitat kehidupan satwaliar lainnya. Namun, sampai saat ini keberadaan Badak Sumatera di kawasan TNBBS terus mengalami tekanan antara lain disebabkan oleh fragmentasi habitat akibat pembangunan jalan dan hilangnya hutan akibat perambahan, perburuan liar dan adanya tanaman invasif spesies jenis Mantangan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya penurunan kualitas dan kuantitas habitat Badak Sumatera dan dapat berdampak terhadap populasi Badak Sumatera di TNBBS. Kondisi tersebut di atas memerlukan suatu tindakan pengelolaan yang efektif dan efisien berdasarkan kondisi yang ada. Ketersediaan data dan informasi mengenai faktor lingkungan mempengaruhi kehadiran Badak Sumatera, distribusi spasial Badak Sumatera serta struktur lanskap yang membentuk habitatnya dapat menentukan ketepatan tindakan konservasi yang diambil.

Masing-masing spesies mempunyai kebutuhan yang berbeda sehingga habitat merupakan suatu spesifik spesies. Menurut Bailey (1984), habitat terdiri dari komponen abiotik dan komponen biotik. Komponen abiotik meliputi air, topografi, dan iklim, sedangkan komponen biotik meliputi vegetasi, makhluk hidup lain termasuk manusia. Komponen-komponen inilah yang akan dianalisis dengan menggunakan model distribusi spesies (SDM) dan sistem informasi geografis (SIG) untuk memprediksi peluang kehadiran Badak Sumatera di dalam kawasan TNBBS serta mengetahui faktor lingkungan yang mempengaruhi keberadaannya.

Penurunan kuantitas dan kualitas hutan juga menimbulkan dampak primer berupa perubahan lanskap hutan. Lanskap hutan yang sebelumnya utuh dan berkualitas baik, luas dan kompak kondisinya berubah karena mengalami degradasi kualitas, penurunan luasan dan terfragmentasi. Hal ini dapat menyebabkan berkurangnya habitat yang sesuai bagi Badak Sumatera, penurunan populasi dan berkurangnya daerah penyebaran. Berdasarkan kondisi habitat yang tersisa maka perlu dianalisis struktur lanskapnya untuk mengetahui karakteristik habitat yang disukai oleh Badak Sumatera.

Data dan informasi mengenai faktor lingkungan yang mempengaruhi kehadiran Badak Sumatera, peluang dan distribusi spasial keberadaan Badak Sumatera serta struktur lanskap yang membentuk habitatnya dapat mendukung upaya konservasi Badak Sumatera di dalam kawasan TNBBS. Hal inilah yang menjadi dasar pemikiran untuk melakukan penelitian tentang prediksi kehadiran Badak Sumatera dan analisis struktur lanskap habitatnya di TNBBS. Kerangka pemikiran penelitian ini secara skematis diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Kerangka Pikir Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Bioekologi Badak Sumatera

Dicerorhinus sumatrensis umumnya dikenal dengan Badak sumatera, juga dikenal sebagai badak berbulu atau badak bercula dua Asia (Foose dkk., 1997). Satwa ini adalah anggota langka keluarga Rhinocerotidae, satu-satunya spesies dari lima badak yang masih ada yang merupakan dari genus *Dicerorhinus*. Badak bercula dua di Asia yang berasal dari genus *Dicerorhinus* memiliki tiga subspecies dengan sebaran geografis yang berbeda, yaitu *Dicerorhinus sumatrensis* di Sumatera-Indonesia, Thailand dan Semenanjung Malaysia; *Dicerorhinus sumatrensis harrisoni* ditemukan di Kalimantan, sedangkan *Dicerorhinus sumatrensis lasiotis* ditemukan di Myanmar (Foose dkk., 1997).

Badak sumatera merupakan badak terkecil dibandingkan dengan lima jenis badak lainnya yang masih hidup sampai sekarang (Foose dkk., 1997) dengan tinggi 112-145 cm, panjang badan 2,36-3,18 m serta panjang ekor dari 35-70 cm. Berat dilaporkan berkisar dari 500 sampai 1.000 kg atau rata-rata sekitar 700-800 kg (Nowak, 1991).

Seperti hal kedua spesies badak Afrika, badak sumatera memiliki dua cula diatas hidungnya. Cula tersebut berwarna abu-abu kehitaman sampai hitam dengan warna cula akan lebih gelap pada badak dewasa (Groves, 1965). Panjang cula paling depan, biasanya berukuran 15-25 cm, sedangkan cula lainnya pada umumnya tidak berkembang dengan panjang tidak lebih dari 10 cm.

Badak Sumatera memiliki kulit kasar dengan ketebalan hingga 16 milimeter dengan kulit berwarna coklat kemerahan dan mempunyai lipatan kulit pada bagian tubuhnya. Lipatan kulit hanya terdapat pada pangkal bahu, kaki depan mupun kaki belakang, Kekhasan rhino sumatera daripada jenis rhino lainnya yaitu memiliki rambut pada kulitnya (Nowak, 1991).

Secara ekologi badak sumatera termasuk satwa yang soliter kecuali pada saat musim kawin dan mengasuh anak. Perilaku sosial biasanya diperlihatkan hanya pada saat berkembangbiak dan saat mengasuh anak dimana induk betina dan

anaknya tetap hidup bersama (Van Strein, 1985). Prilaku sosial juga ditunjukkan pada saat berkubang atau menggaram dimana terkadang beberapa individu bersama-sama mendatangi tempat yang sama. Tingkah laku badak sumatera yang paling menonjol dalam berkomunikasi yaitu dilakukannya secara tidak langsung antar sesama melalui suara-suara yang keluar dari hidung atau mulut dan mengeluarkan feces serta urine sebagai batas dan pengenalan wilayah jelajahnya. Beberapa aktivitas penandaan daerah jelajah oleh badak sumatera yaitu dengan cara membuat gundukan tanah dari kaisan kaki, membuat patahan sapling, dan menyemprotan urin pada daun atau batang tumbuhan (Nowak, 1991; Van Strein, 1985).

Badak sumatera termasuk hewan memamah biak dan merupakan satwa *browser* dengan pakan utamanya adalah tegakan muda (sapling) atau tunas tumbuhan, daun muda, ranting muda dan buah-buahan seperti manga liar dan ficus. Berkubang merupakan salah satu kebutuhan pokok badak sumatera dengan tujuan untuk mempertahankan temperatur tubuhnya dan melindungi diri dari berbagai macam parasit (Hubback, 1939). Berkubang paling sedikit dilakukan satu kali dalam sehari yaitu pada siang hari atau menjelang pagi hari. Kubangan berbentuk oval dengan diameter 2 - 3 meter sedangkan untuk menambahkan lumpur pada kubangannya maka dilakukan penggalian pada dinding tanah di dekat kubangan dengan menggunakan cula (Van Strien, 1985).

Badak sumatera umumnya berada di daerah berbukit dekat dengan air. Spesies tersebut menempati hutan hujan tropis, hutan lumut pegunungan dan juga menyukai daerah hutan sekunder serta pinggiran hutan (Van Strein, 1985). Badak sumatera hidup dengan kisaran rentang habitat yang cukup luas, mulai dari rawa-rawa dataran rendah hingga hutan pegunungan. Saat ini, badak sumatera di temukan di dataran tinggi dikarenakan berkurangnya hutan dataran rendah. Dahulu, spesies ini menyebar luas mulai dari daerah dataran rendah hingga dataran tinggi, dan bahkan dapat berenang di laut untuk mencapai pesisir pulau (Van Strein, 1985).

Pada masa lampau Badak Sumatera dapat dijumpai secara luas mulai dari lembah kaki gunung Himalaya di Bhutan dan India sebelah timur, ke arah Myanmar, Thailand, Vietnam dan Cina, arah ke Semenanjung Malaysia, Pulau

Sumatera dan Kalimantan. Namun sekarang habitat Badak Sumatera banyak menghilang. Untuk di Indonesia, habitat Badak Sumatera terpecah dengan sebaran terkonsentrasi di pulau Sumatera (Taman Nasional Gunung Leuser, Taman Nasional Kerinci Seblat, Aceh Utara (Lesten Lukup dan Gunung Abong-abong), TN Bukit Barisan Selatan dan TN Way Kambas) dan di pulau Kalimantan (Foosse dkk., 1997; Meijaard, 1996; Nardelli, 2014).

B. Habitat

Habitat adalah suatu kawasan/daerah yang menjadi tempat hidup suatu populasi tertentu. Habitat merupakan suatu unit lingkungan, baik secara alami maupun tidak (terdiri dari iklim, makanan, *cover* dan air) dimana satwa, tumbuhan atau populasi secara alami dapat berkembang dan hidup secara normal (Helms, 1998). Definisi habitat yang berkaitan dengan pengelola satwa liar datang dari Hall dkk., (1997) yaitu sumberdaya dan kondisi yang ada pada suatu tempat yang memberikan tempat hidup, termasuk bertahan dan reproduksi bagi suatu organisme. Definisi ini berimplikasi bahwa habitat adalah spesifik untuk jenis populasi satwa liar tertentu, sehingga habitat yang sesuai bagi satu jenis populasi belum tentu sesuai dengan jenis lainnya karena setiap spesies atau satwa membutuhkan kondisi habitat yang berbeda-beda (Hall dkk., 1997). Berdasarkan definisi diatas maka Kriteria suatu kawasan dapat disebut habitat apabila kawasan/daerah tersebut mampu menyediakan segala kebutuhan organisme/populasi yang tinggal didalamnya.

Empat komponen dasar habitat adalah makanan, *cover*, air dan ruang (Shaw, 1985). Semua jenis satwa dapat hidup di suatu tempat hanya jika kebutuhan pokoknya seperti makanan, air, *cover* dan ruang tersedia serta jika satwa memiliki daya adaptasi yang memungkinkannya menghadapi iklim yang ekstrim, kompetitor dan predator (Morrison dkk., 2006). Menurut Bailey (1984) Habitat merupakan hasil interaksi berbagai komponen, yaitu komponen biotik yang terdiri atas tumbuhan dan satwa serta komponen fisik yang meliputi tanah, topografi dan iklim. Kedua komponen tersebut membentuk suatu sistem yang dapat mengendalikan kehidupan satwa liar.

1. Komponen Biotik

Komponen biotik yang terpenting dalam habitat salah satunya ketersediaan makanan bagi satwa liar. Kualitas dan jumlah makanan yang dibutuhkan setiap satwaliar berbeda-beda berdasarkan spesies, jenis kelamin, kelas umur, fungsi fisiologis, musim, cuaca dan lokasi geografis (Bailey, 1984). Keberadaan vegetasi yang merupakan komponen biotik habitat sangat menentukan bagi herbivora. Ketersediaan makanan bagi satwa herbivora sangat tergantung pada kelimpahan dan distribusi tumbuhan pakan. Faktor lain yang mempengaruhi keberadaan tumbuhan pakan adalah cuaca, produktivitas tumbuhan pakan, dan ketahanan tumbuhan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh herbivora (Bailey, 1984).

Keberadaan komponen biotik seperti vegetasi selain sebagai sumber makanan juga merupakan jenis struktur lingkungan untuk pelindung (*cover*) bagi satwa liar (Bailey, 1984). *Cover* didefinisikan sebagai sumberdaya struktural dari lingkungan yang mendukung perkembangbiakan (reproduksi) dan/atau daya hidup (*survival*) satwa dengan menyediakan fungsi-fungsi alami untuk spesies tersebut (Bailey, 1984). Hal ini menggambarkan adanya hubungan keberadaan vegetasi dengan konsep tempat berlindung.

2. Komponen Fisik

Air merupakan salah satu komponen fisik habitat yang sangat penting dalam pengelolaan habitat satwa liar. Air merupakan komponen yang dibutuhkan dalam banyak proses kimia dan fisik di dalam tubuh satwa. Air juga digunakan untuk pendinginan melalui evaporasi di lingkungan yang panas (Bailey, 1984). Kebanyakan satwa memenuhi kebutuhan airnya dengan minum dari air permukaan. Air dapat mempengaruhi satwa secara tidak langsung melalui perubahan di dalam habitat (Shaw, 1985). Respon satwa terhadap kelangkaan air ada tiga macam, menggali dasar sungai (seperti dilakukan gajah), migrasi ke sumber air dan meninggalkan daerah jelajahnya yang kekeringan selama musim kering dan berkumpul di sekitar sumber air.

Faktor fisik lainnya yaitu topografi juga diketahui berpengaruh terhadap penyebaran tumbuhan dan satwa. Komponen fisik lingkungan penyusun topografi terdiri dari ketinggian tempat (elevasi), tingkat kemiringan lereng (*slope*), dan arah

kemiringan lereng (*aspect*). Ketinggian tempat (elevasi) merupakan faktor yang berpengaruh terhadap keanekaragaman spesies tumbuhan dan satwa. Terdapat zona-zona vegetasi menurut ketinggian yang masing-masing zona terbentuk karena adanya perbedaan kondisi iklim akibat perbedaan ketinggian. Pada masing-masing zona biasanya memiliki perbedaan spesies yang dominan. Ketinggian tempat dapat mempengaruhi keberadaan sumber pakan. Semakin tinggi suatu tempat menyebabkan semakin sedikit keanekaragaman jenis tumbuhan sehingga variasi dalam memilih sumber pakan menjadi terbatas (Primack dkk., 2007).

Iklim juga merupakan salah satu faktor fisik yang mempengaruhi habitat. Perubahan iklim akan mempengaruhi keberadaan flora dan fauna baik dari segi persebaran yang semakin berkurang maupun jumlahnya. IPCC (*International Panel on Climate Change*) pada April 2007 melaporkan bahwa diperkirakan kurang lebih 20-30% tumbuhan dan hewan akan meningkat resiko kepunahannya jika terjadi kenaikan temperatur rata-rata secara global di atas 1,5 – 2,5 derajat celsius. Salah satu faktor pembentuk iklim adalah temperatur. Franklin (2009) menjelaskan bahwa temperature adalah salah satu variabel lingkungan yang dapat memberikan efek psikologis langsung pada satwa liar. Temperatur merupakan faktor yang penting bagi kehidupan biosfer, dimana pengaruhnya cukup besar bagi bentuk kehidupan. Pertumbuhan dan kematian suatu organisme serta reproduksi dapat dipengaruhi oleh temperatur. Secara umum, temperatur dapat mempengaruhi perilaku satwal liar serta ukuran tubuh ataupun bagian-bagiannya (Alikodra, 2002).

Faktor keruangan juga merupakan komponen habitat penting. Satwal liar secara individu membutuhkan berbagai ukuran ruang untuk mendapatkan makanan, *cover* dan air dengan cukup serta untuk menemukan pasangannya. Populasi satwal liar membutuhkan ruang yang lebih banyak. Ukuran luas yang dibutuhkan oleh suatu spesies tergantung pada ukuran satwa (biasanya semakin besar satwa, membutuhkan ruang semakin luas), makanan (karnivora membutuhkan ruang lebih luas daripada herbivora) dan produktivitas serta keanekaragaman habitat berkaitan dengan kebutuhan habitat dari spesies tersebut (Shaw, 1985).

C. Seleksi dan Kesesuaian Habitat

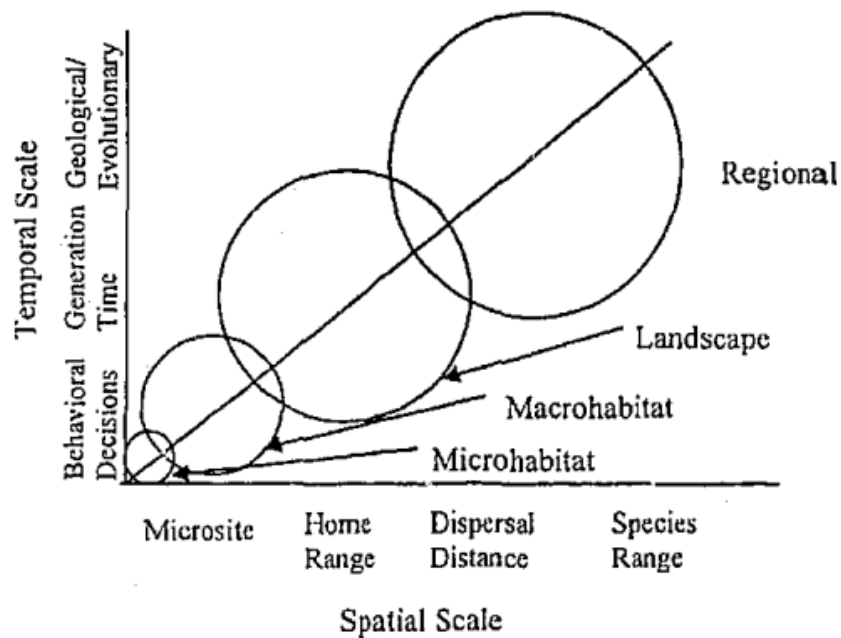
Pemilihan habitat yang cocok atau sesuai oleh satwa liar merupakan suatu tindakan untuk mendapatkan suatu kondisi yang menguntungkan bagi kelangsungan hidup dan keberhasilan reproduksi dengan melihat faktor-faktor structural dan nutrisi. Beberapa studi mengenai proses seleksi habitat kebanyakan menitik beratkan pada respon satwa terhadap faktor-faktor struktural (Bailey, 1984). Faktor yang mendorong terjadinya pemilihan habitat berhubungan dengan laju predasi, toleransi fisiologis dan interaksi sosial. Adapun kondisi mikrohabitat tidak menentukan terjadinya pemilihan habitat (Morris, 1987).

Seleksi habitat adalah ekspresi respon yang cukup kompleks oleh satwaliar terhadap beberapa variabel yang saling terkait sehingga menghasilkan yang dibutuhkan bagi satwaliar, variabel tersebut dapat bersifat intrinsik, tergantung pada status fisiologis dan perilaku satwaliar dan ekstrinsik yang tergantung pada faktor-faktor abiotik dan biotik dari lingkungannya (Shannon dkk., 1975). Bailey (1984) menyatakan bahwa seleksi habitat merupakan spesialisasi. Bagi suatu spesies, pemilihan habitat tertentu sama saja dengan membatasi diri pada habitat tersebut dan akan mencapai adaptasi terutama kesesuaian dalam penggunaan sumberdaya yang ada. Hal tersebut yang menyebabkan satwa liar tidak menggunakan seluruh kawasan hutan yang ada sebagai habitatnya. Menurut Morris (1987) pemilihan habitat merupakan suatu hal yang penting bagi satwa liar untuk memperoleh ruang bergerak dari satu habitat ke habitat lainnya agar mendapatkan sumber daya berupa pakan, air, tempat bereproduksi atau menempati tempat baru yang menguntungkan. Beberapa spesies satwaliar memilih habitat dengan selektif dalam rangka meminimumkan interaksi negatif seperti predasi dan kompetisi serta memaksimalkan interaksi positif seperti ketersediaan mangsa.

Seleksi habitat merupakan salah satu komponen utama dari ekologi spesies, yang memungkinkan antar spesies dapat hidup berdampingan (Rosenzweig, 1981). Dalam rangka untuk memilih habitat yang sesuai, satwaliar harus mempertimbangkan berbagai faktor, seperti cara mencari makan, periode pola makan, tempat tinggal, dan potensi ancaman predator (Pierce dkk., 2004). Agar penggunaan habitat optimal, dalam pemilihan habitat satwa liar selalu

mempertimbangkan keseimbangan antara kerugian dan keuntungan yang didapat (Myrsterud & Ims, 1998). Misalnya, habitat terbuka mungkin memberikan yang tempat terbaik dalam mencari makan, namun disisi lain tempat tersebut menjadi rentan terhadap predator dan perubahan cuaca (Godvik dkk., 2009). Seleksi habitat dipengaruhi oleh sejumlah besar keputusan yang pada akhirnya mengarah kepemilihan lokasi tertentu oleh suatu organisme (George dan Zack, 2001). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi perilaku satwaliar dalam memilih habitatnya, diantaranya yaitu ketersediaan makanan, mencari daerah yang menyediakan makanan, mencari tempat berlindung, iklim mikro yang menguntungkan, menghindari pesaing, parasit dan predator. Faktor-faktor ini tidak secara langsung mempengaruhi reproduksi akan tetapi mempengaruhi kelangsungan hidup satwaliar tersebut.

Seleksi habitat dalam skala spasial dan temporal memiliki hubungan berdasarkan waktu dan keluasan areal yang dipilih (gambar 2). Salah satu contohnya seleksi habitat dalam skala temporal yaitu burung pemakan serangga, dimana spesies tersebut dalam mencari tempat makannya dipengaruhi oleh ketersediaan pakan, kehadiran predator, pengaruh angin dan suhu (George dan Zack, 2001), dimana perilaku mencari makannya bergeser dalam hitungan waktu dan musiman. Untuk skala spasial, pemilihan habitat meliputi *microsite* sampai dengan *range species* dimana pemilihan habitat di skala lanskap ini dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, isolasi dan konfigurasi patch suatu habitat yang tersisa (George dan Zack, 2001). Kemampuan spesies untuk bertahan pada habitat yang terfragmentasi sangat tergantung pada distribusi spesies. Oleh sebab itu pemilihan habitat oleh satwaliar juga dilakukan dalam skala lanskap.



Gambar 2. Hubungan Antara Skala Spasial dan Skala Temporal dalam Seleksi Habitat (George dan Zack, 2001).

Untuk mengidentifikasi secara akurat mengenai faktor-faktor yang digunakan oleh suatu organisme dalam menseleksi habitatnya pada skala spasial (landskap, patch, wilayah) diperlukan distribusi spesies sehingga dapat mudah dipahami mengapa faktor-faktor tersebut diambil dan konsekuensinya terhadap *fitness* satwa tersebut (Morris, 2003; Rodenhouse dkk., 2003). Menurut Dugatkin (2009) perilaku dalam seleksi habitat dapat mempengaruhi kemampuan bertahan pada saat dewasa, keberhasilan dalam bereproduksi, dimana hal tersebut berkaitan dengan *fitness*.

Salah satu indikator *fitness* satwa meningkat adalah terjadinya proses reproduksi, namun hal tersebut sulit diamati secara langsung untuk setiap individunya sehingga pengamatan kualitas habitat berdasarkan *fitness* individu juga sulit untuk dilakukan. Namun sebaliknya, kehadiran satwa dalam menanggapi lingkungannya dapat digunakan untuk mengamati mengapa habitat tersebut dipilih (Williams dan Nichols, 1984). Pengamatan karakteristik lingkungan sebagai indikator *fitness* satwa merupakan penyederhanaan yang wajar karena perilaku pemilihan habitat akan terus berkembang seiring dengan tanggapan satwa terhadap

perubahan lingkungannya yang dapat memprediksi fitness (Morrison dkk., 2006).

Organisme dapat merespon variabilitas lingkungan dimana mereka tinggal baik secara fisiologis atau perilaku dan tanggapan ini akan mempengaruhi fitness. Oleh sebab itu habitat yang heterogen dapat mempengaruhi distribusi organisme pada tingkat lanskap dan akan menghasilkan informasi mengenai demografi organisme pada habitat spesifik. Efek demografi pada habitat heterogenitas akan mempengaruhi perilaku dalam memilih habitat karena habitat yang benar-benar digunakan tersebut ditentukan berdasarkan demografi organisme (Fretwell dan Lucas, 1970).

Kesesuaian habitat merupakan suatu kemampuan habitat untuk menyediakan kebutuhan hidup (Juntti dkk., 2006). Gangguan terhadap habitat secara alami maupun karena pengaruh manusia akan mempengaruhi kesesuaian habitat bagi spesies tertentu. Kesesuaian habitat berkaitan erat dengan kualitas habitat serta respon spesies terhadap perubahan pada beberapa faktor biotik dan abiotik yang dianggap mempengaruhi individu maupun populasi. Pengetahuan hubungan antara distribusi satwa liar dengan habitatnya memegang peranan sangat penting dalam perencanaan pengelolaan spesies terancam punah. Sementara pengetahuan tentang preferensi habitat merupakan suatu hal yang penting dalam upaya mengetahui distribusi spasial satwa didalam habitat yang sesuai (Osborne dkk., 2001).

D. Struktur Lanskap

Lanskap dapat dipandang sebagai sebidang lahan pada suatu lokasi tanpa melihat secara dekat atau secara tertutup pada komponen tunggal. Definisi lainnya, lanskap merupakan suatu bagian luas dari suatu teritori yang homogen dari beberapa karakter, sehingga dapat dibedakan tipe-tipenya berdasarkan hubungan antar elemen-elemen baik secara struktural maupun fungsional (Arifin, 2009). Arifin (2009) mengenalkan istilah ekologi lanskap yang didefinisikan sebagai ilmu yang dapat dikembangkan dengan mengkombinasikan aspek ruang, pendekatan horisontal dari ahli geografi dan pendekatan vertikal dari ahli ekologi. Ekologi lanskap juga merupakan ilmu yang berhubungan dengan manusia, mempelajari struktur, fungsi dan dinamika (perubahan-perubahan) lanskap.

Ekologi lansekap merupakan bagian dari ilmu ekologi yang mempelajari bagaimana struktur lansekap mempengaruhi kelimpahan dan distribusi organisme. Ekologi lansekap dapat juga didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari pengaruh pola (*pattern*) dan proses, di mana pola di sini khususnya mengacu pada struktur lansekap. Ekologi lanskap melihat pada bagaimana struktur lanskap secara spasial mempengaruhi kelimpahan suatu organisme pada skala lanskap, serta perilaku dan fungsi lanskap secara keseluruhan (Gunawan dan Prasetyo, 2013).

Struktur lanskap terdiri atas matriks, *patch* dan koridor (Barnes, 2000). Matriks adalah elemen lansekap yang paling dominan, memiliki ukuran paling luas dan sangat berperan dalam fungsi lanskap secara keseluruhan. Penentuan matriks pada suatu lanskap akan lebih mudah apabila salah satu komponennya ditemukan dalam luasan yang sangat besar, homogen dan tersebar secara merata (Forman dan Gordon, 1986). Tapak (*patch*) adalah unit-unit lahan yang tidak linier atau suatu daerah yang lebih beragam jika dibandingkan dengan lingkungan di sekelilingnya. Tapak (*Patch*) bermanfaat sebagai *stepping stone* untuk persebaran spesies, memuat kepadatan spesies yang tinggi, tempat berlindung mamalia kecil dan predator. *Patch* biasanya mempunyai perbedaan karakteristik dalam hal ukuran, bentuk, tipe, heterogenitas, dan batas-batasnya. *Patch* dalam lanskap pada umumnya berupa pengelompokan komunitas tumbuhan dan hewan, terkadang tidak ditumbuhi oleh vegetasi atau dihuni oleh makhluk hidup. Bentuk *patch* sangat terkait dengan efek tepi. Komposisi dan kelimpahan organisme di bagian dalam *patch* akan berbeda dengan bagian tepi. Pada bagian – bagian tertentu dari tumbuhan seperti bunga dan buah mungkin saja akan lebih berlimpah pada daerah tepi *patch* sehingga menarik lebih banyak hewan, misalnya serangga penyerbuk atau hewan pemakan buah (Forman dan Gordon, 1986). Untuk areal yang sisi-sisinya linier disebut koridor (Barnes, 2003) dan berfungsi sebagai penghubung antara satu habitat ke habitat yang lain (Hess dan Fischer, 2001).

Salah satu efek dari perubahan lanskap adalah fragmentasi. Fragmentasi adalah suatu proses terpecahnya habitat, ekosistem atau tipe penggunaan lahan menjadi lahan-lahan yang berukuran lebih kecil. Fragmentasi merupakan suatu hasil dimana dalam proses fragmentasi terjadi perubahan atribut dan karakteristik habitat dalam

suatu lansekap. Fragmentasi habitat selain mengubah konfigurasi kantong habitat (*habitat patch*) yang besar secara spasial, juga dapat menciptakan isolasi atau jarak antara kantong-kantong habitat yaitu dengan adanya mosaik berukuran cukup luas atau tipe habitat lain yang tidak sesuai bagi spesies yang sudah ada sebelumnya (Wiens, 1995). Fragmentasi merupakan salah satu yang harus diperhatikan karena berpengaruh terhadap populasi beberapa spesies, kekayaan spesies dari komunitas dan keanekaragaman hayati suatu ekosistem secara menyeluruh (Morrison dkk., 2006).

Menurut Morrison dkk., (2006) ada empat penyebab terjadinya kepunahan local oleh fragmentasi : (1) spesies mulai meninggalkan kantong habitat; (2) kantong habitat tidak dapat menyediakan sumberdaya karena adanya pengurangan keluasan atau hilangnya heterogenitas internal; (3) fragmentasi dapat menimbulkan populasi menjadi lebih kecil sehingga mudah terisolasi yang risikonya lebih besar daripada bencana, kemunduran genetik atau disfungsi sosial; (4) fragmentasi dapat mengganggu hubungan ekologis yang terjadi sehingga dapat menimbulkan efek tepi (*edge effect*) dan hilangnya spesies kunci.

Menurut Kupfer dkk., (2004) ada empat cara primer fragmentasi hutan dapat mempengaruhi keanekaragaman hayati, yaitu: (1) pengaruh sampel (*sample effect*); (2) pengaruh isolasi (*isolation effect*); (3) pengaruh luas (*area effect*) dan (4) pengaruh tepi (*edge effect*). Masing-masing dari empat cara primer tersebut akan berpengaruh pada sebaran populasi, komunitas dan proses ekosistem.

Fragmentasi habitat dapat memberikan efek positif maupun negatif. Efek positifnya adalah meningkatkan keragaman habitat dengan terciptanya beberapa habitat yang bermanfaat, dan meningkatkan *edge* yang bermanfaat bagi spesies satwaliar generalis. Fragmentasi memberikan efek negatif ketika : (1) terjadinya habitat yang hilang; (2) terbentuknya habitat-habitat berukuran lebih kecil yang mendorong terjadinya isolasi dan kepunahan lokal; (3) habitat-habitat tidak lagi bersambungan yang disebabkan oleh adanya fragmentasi yang disebabkan adanya aktifitas non kehutanan; dan (4) meningkatnya jumlah *edge* sehingga fragmentasi habitat merugikan khususnya bagi spesies spesialis (Barnes, 2000).

Struktur lanskap berupa komposisi dan konfigurasi, serta hubungan spasial

yang dihasilkan antara elemen lanskap, dapat digambarkan dan diukur dengan cara metrik lanskap. Struktur lanskap dapat diartikan sebagai pola lanskap, dimana selain ditentukan oleh jenis penggunaan, juga ditentukan oleh struktur, yaitu ukuran, bentuk, pengaturannya dan distribusi elemen lanskap. Elemen lanskap dalam hal ini disebut *patch* (Walz, 2011). Struktur lanskap merupakan suatu cara untuk menerangkan pola spasial elemen-elemen lanskap, yang memuat tentang ukuran, bentuk, komposisi, jumlah dan distribusi ekosistem di dalam lanskap (Arifin dkk., 2001; Barnes, 2000).

Heterogenitas lanskap sebagai parameter struktur lanskap dikonotasikan sebagai kualitas atau keadaan yang terdiri dari unsur-unsur yang berbeda, seperti habitat campuran atau jenis penutup yang terjadi pada lanskap, campuran *patch* berukuran kecil atau besar, campuran bentuk *patch* (Turner dkk., 2001) sehingga semakin heterogenitas maka struktur lanskap semakin optimal.

Metrik lanskap sebagai indeks struktur lanskap seringkali digunakan untuk menggambarkan komposisi dan konfigurasi lanskap. Indeks-indeks yang dikembangkan untuk mengukur tiga aspek struktur lanskap yang terdiri dari komposisi lanskap, konfigurasi lanskap dan bentuk *patch* di dalam lanskap (Walz, 2011). Komposisi menunjukkan jumlah dari tipe penutupan yang berbeda yang ditemukan dalam suatu lanskap. Konfigurasi menunjukkan bagaimana susunan setiap *patch* di dalam lanskap dari tipe penutupan yang sama atau berbeda dan hubungan antara *patch* tersebut. Lanskap dengan komposisi sama, ada kemungkinan memiliki konfigurasi yang berbeda, oleh sebab itu diperlukan beberapa indeks penilaian untuk menggambarkan suatu lanskap.

Untuk menganalisis struktur lanskap dengan menggunakan metrik lanskap, beberapa parameter yang digunakan adalah sebagai berikut ;

1. Class Area (CA)

Class area (luas kelas) bisa dihitung dari data vektor ataupun raster dan memiliki satuan hektar. Nilai luas kelas berkisar > 0 sampai tak terhingga. Nilai *Class area* akan mendekati 0 seiring tipe *patch* menjadi semakin jarang di dalam lanskap. $Class\ area = Total\ area\ (TA)$ ketika seluruh lanskap berisi satu tipe *patch*, yaitu ketika seluruh citra berisi hanya satu *patch*. *Class area* sama dengan

jumlah luas (m^2) seluruh *patch* dari semua tipe *patch* dibagi 10.000 (untuk konversi menjadi hektar) atau diformulakan sebagai berikut:

$$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10.000} \right)$$

Dimana a_{ij} luas *patch* ij (m^2), dimana $j=1, \dots, n$ *patches*, dan $i=1, \dots, m$ or m' tipe *patch* (*class*).

Class area (CA) disajikan untuk menunjukkan luas masing- masing kelas penutupan lahan yang ada pada suatu areal studi.

2. *Number Of Patches* (NumP)

Number of patches (jumlah *patch*) sama dengan jumlah *patch* dari semua tipe *patch* (*class*). Jumlah *patch* berkisar dari satu sampai tak terbatas. Jumlah *patch* sama dengan satu jika lansekap hanya berisi satu *patch* atau ketika kelas terdiri dari satu *patch*. Jumlah *patch* tidak memiliki satuan dan formulanya adalah sebagai berikut:

$$NP = ni$$

dimana ni adalah jumlah *patch* dalam lansekap dari tipe *patch* (*class*) i .

Number of patches (jumlah *patch*) menunjukkan jumlah *patch* yang menyusun suatu *class area*. Jumlah *patch* suatu *class area* menjadi indikator apakah suatu areal studi tersebut lebih masih layak untuk dijadikan habitat bagi satwa liar.

3. *Edge Density* (ED)

Edge density (kepadatan *edge*) sama dengan jumlah panjang (m) dari semua segmen *edge* meliputi tipe *patch* yang dimaksud, dibagi dengan total luas lansekap (m^2), dikalikan dengan 10.000 (untuk konversi ke hektar). Jika ada *border* lansekap, ED mencakup segmen *boundary* lansekap meliputi tipe *patch* dimaksud dan hanya menggambarkan *edge* yang sebenarnya (disebut *contrast weight* > 0). Jika *border* lansekap tidak ada, ED mencakup proporsi segmen *boundary* lansekap yang ditetapkan oleh pemakai yang meliputi tipe *patch* dimaksud. Terlepas dari apakah suatu *border* lansekap ada atau tidak, ED mencakup proporsi segmen *edge* *background* yang ditetapkan oleh pemakai yang meliputi tipe *patch* dimaksud. ED

bisa diperoleh dari data vektor atau raster dengan satuan meter per hektar. Kisaran nilai $ED \geq 0$ sampai tak terhingga. Formula ED adalah sebagai berikut:

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^{m'} e_{jk}}{A} (100)$$

e_{jk} adalah panjang total (m) *edge* dalam lansekap antar tipe-tipe *patch* (kelas) i dan k ; meliputi segmen *boundary* lansekap hanya menggambarkan *tree edge* meliputi tipe *patch* i ; m' adalah jumlah tipe *patch* (kelas) yang ada dalam lansekap, mencakup *border* lanskap, jika ada; dan A adalah luas total lansekap.

Edge density menunjukkan semakin tinggi *edge density* menjadi indikasi semakin tidak baik untuk habitat satwa yang sensitif terhadap *edge*.

4. Mean Patch Size (MPS)

Ukuran patch rata-rata atau MPS menentukan ukuran rata-rata dari patch. Formula MPS adalah sebagai berikut:

$$MPS = \frac{A}{N} \left(\frac{1}{10.000} \right)$$

A adalah luas total lanskap (m^2), N adalah total jumlah patch dan dikalikan dengan per 10.000 untuk di konversi menjadi hektar.

MPS ini menjadi indikator keluasan yang cukup bagi habitat, khususnya satwaliar, karena satwa liar memerlukan luasan minimum untuk areal jelajahnya (*home range*) agar bertahan hidup.

5. Mean Shape Index (MSI)

Mean shape index (MSI) menentukan kompleksitas bentuk *patch*. Tingkat kompleksitas bersifat relatif dibandingkan terhadap bentuk lingkaran atau bujur sangkar. Nilai MSI diperoleh dengan membagi jumlah keliling setiap *patches* dengan akar kuadrat dari luas patch (hektar) dan disesuaikan untuk standar lingkaran (poligon) atau bujur sangkar (grid), dibagi dengan jumlah *patches* (MacGarigal and Marks, 1995). Formula MSI adalah sebagai berikut:

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{2\sqrt{\pi \cdot A_i}} \right)}{n}$$

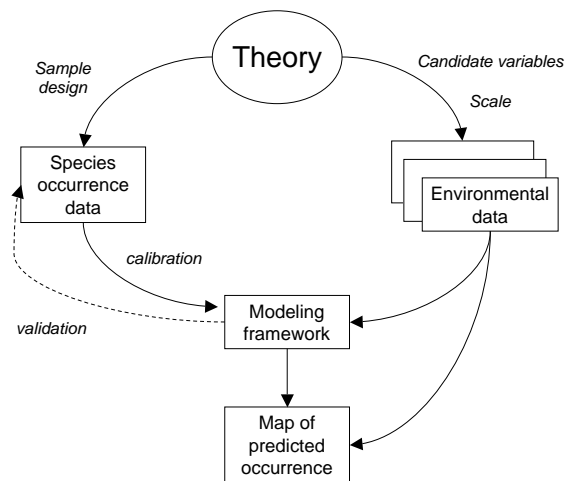
MSI menunjukkan semakin tinggi nilai MSI suatu kelas penutupan lahan maka semakin kompleks bentuk-bentuk *patches*-nya dan semakin besar juga *edge*-nya. Hal ini untuk satwa-satwa yang tidak menyukai *edge* dapat berakibat buruk karena mengurangi luas habitatnya.

E. Model Distribusi Spesies / *Spesies Distribution Modeling* (SDM)

Model merupakan suatu cara untuk memahami kompleksitas realitas secara luas. Dalam rangka memahami sistem yang kompleks tertentu di dunia nyata, maka upaya untuk menyederhanakan secara visual, skematik dan diagram sangat diperlukan. Konektivitas antara dunia nyata dan konsep berlaku dalam upaya untuk menjelaskan fenomena yang terjadi. Konsep atas sistem dunia nyata dianggap sebagai pemodelan (Marfai, 2011).

Pemahaman terhadap kompleksitas satwa liar dan habitatnya juga dikembangkan dalam bentuk pemodelan. Salah satunya adalah model distribusi spesies. Model distribusi spesies (SDM) merupakan suatu model yang mengukur korelasi antara faktor lingkungan dan distribusi spesies. Secara empiris, profil lingkungan dapat digunakan untuk menggambarkan dan mengukur pentingnya faktor tertentu dan untuk memprediksi distribusi spesies di suatu wilayah, serta untuk memeriksa perubahan lingkungan dan konsekuensi ekologisnya (Elith dan Leathwick, 2009; Franklin, 2009).

Pengembangan model distribusi spesies diawali dengan pengamatan spesies dan variabel perspektif lingkungan yang diduga memengaruhi kesesuaian habitat dalam hal ini distribusi spesies. Model dapat menjadi model kuantitatif atau model yang berbasis pada aturan dan, jika model tersebut memiliki tingkat keakuratan yang tinggi antara distribusi spesies dengan prediktor yang diperiksa dalam hal ini variabel lingkungannya maka dapat memberikan wawasan tentang toleransi lingkungan spesies atau preferensi habitat. Hal ini juga memberikan kesempatan untuk membuat prediksi spasial. Pemetaan prediktif atau ekstrapolasi geografis dengan menggunakan model dapat menghasilkan prediksi distribusi spesies atau kesesuaian habitat dalam bentuk spasial (Franklin, 2009).



Gambar 3. Komponen Model Distribusi Spesies (SDM) (Franklin, 2009).

Gambar diatas menjelaskan mengenai konsep SDM. Konsep Biogeografi dan ekologi merupakan konsep dasarnya. Identifikasi karakteristik suatu spesies dan variable lingkungannya dapat membuat suatu model distribusi spesies sehingga dapat diketahui prediksi sebaran suatu spesies (Franklin, 2009).

Sejumlah algoritma pemodelan alternatif telah diterapkan untuk mengklasifikasikan probabilitas keberadaan spesies berdasarkan satu set variabel lingkungannya. Beberapa pendekatan yang umum digunakan untuk memodelkan sebaran spesies, diantaranya yaitu DOMAIN, BIOMAPPER, MAXENT, GLM, GAM (Pearson, 2008). Dari jumlah tersebut, MAXENT telah terbukti melakukan dengan baik jika dibandingkan dengan model lain (Elith dkk., 2006; Phillips dkk., 2006).

F. *Maximum Entropy (MaxEnt)*

Ketersediaan data mengenai variabel lingkungan yang berpengaruh terhadap keberadaan spesies serta adanya perkembangan teknologi yang dapat mendukung dalam pengolahan data tersebut, telah memicu pengembangan pemodelan prediktif berdasarkan faktor lingkungan dan keberadaan spesies secara geografis. Untuk beberapa spesies yang memiliki data dan informasi mengenai keberadaannya serta ketidakberadaannya (presence dan absence), memungkinkan untuk menggunakan berbagai teknik statistik dalam pemodelan prediksinya. Namun tidak semua spesies

memiliki data dan informasi yang lengkap mengenai *presence* maupun *absence* nya, sehingga diperlukan metode pemodelan tertentu untuk dapat memprediksi kehadiran spesies tersebut secara geografis (Phillips dkk., 2006).

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

Adapun kelebihan dalam penggunaan aplikasi MaxEnt dalam memodelkan distribusi spesies secara geografis diantara yaitu: (1) aplikasi ini hanya membutuhkan data yang kehadiran suatu spesies dan data variabel lingkungan yang mencakup wilayah studi. (2) Dapat memanfaatkan data lingkungan yang bersifat kontinu dan kategoris serta dapat menggabungkan interaksi antara variabel yang berbeda. (3) memiliki algoritma deterministik yang cukup efisien dalam memprediksi probabilitas distribusi. (4) Maxent memiliki perhitungan secara matematika yang sederhana dalam memodelkan probabilitas distribusi sehingga mudah untuk di analisis. Dengan tidak adanya interaksi antara variabel, aditivitas model memungkinkan untuk menafsirkan bagaimana masing-masing variabel lingkungan berhubungan dengan daerah yang sesuai bagi spesies (Phillips dkk., 2004). (5) Output yang dihasilkan berbeda untuk daerah yang berbeda. Jika aplikasi ini digunakan dalam perencanaan konservasi, perbedaan lingkungan dalam

memprediksi distribusi suatu spesies sangat berguna dalam pengelolaan habitat. (6) Maxent juga bisa diterapkan pada spesies yang memiliki data presence dan absence. (7) Maxent adalah pendekatan generatif, bukan diskriminatif, yang dapat menjadi keuntungan terhadap data yang terbatas.

Adapun kelemahan dari MaxEnt yaitu; (1) metode ini tidak dapat digunakan untuk ekstrapolasi, hanya dapat memprediksi pada daerah yang dipilih sebagai wilayah studi. (2) bagaimanapun metode dengan menggunakan presence dan absence lebih baik dibandingkan dengan menggunakan kehadiran saja, akan tetapi jika hanya memiliki data kehadiran saja, metode maxent lebih baik digunakan. (3) Maxent rentan terhadap overfitting, sehingga distribusi yang diprediksi hanya berada di sekitar titik keberadaan. Oleh karena itu, komponen relaksasi, disebut regularisasi, telah ditambahkan ke Maxent untuk membatasi distribusi yang diperkirakan sehingga memungkinkan nilai rata-rata dari setiap variabel sampel untuk perkiraan tidak sama. Komponen regularisasi ini dapat disesuaikan untuk setiap area sampling. (4) aplikasi MaxEnt belum memiliki tujuan khusus dalam statistiknya, hanya statistik sederhana untuk memprediksi kehadiran spesies berdasarkan variable lingkungan (Phillips dkk., 2006).

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

G. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu bagian keilmuan yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data-data yang berisi informasi geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama sebagai satu kesatuan untuk

memperoleh, menyimpan, mengelola, memperbaiki, memanipulasi, memperbaharui, menampilkan, menganalisa, dan mengintegrasikan data dalam suatu sistem informasi secara geografis (Puntodewo dkk., 2003).

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

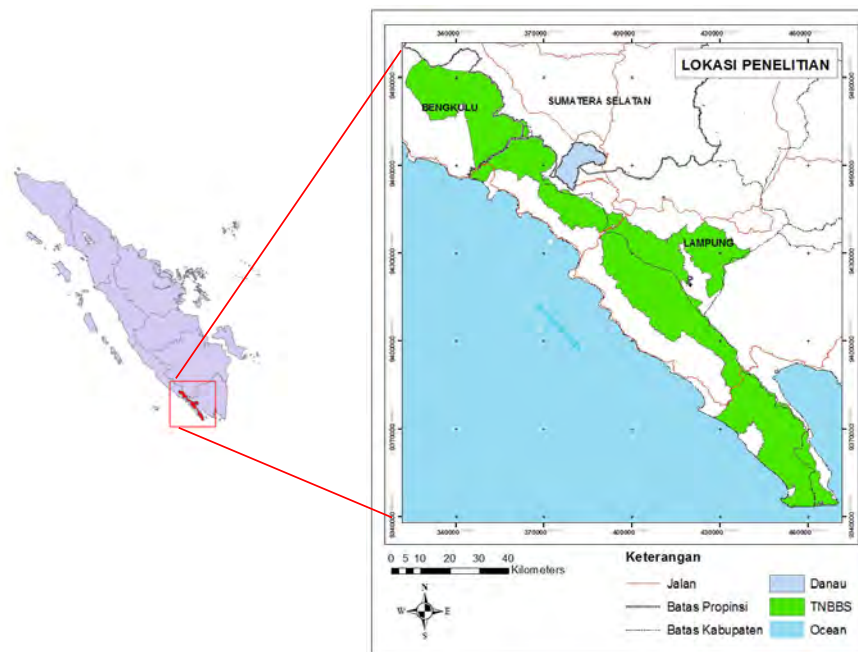
Kemajuan dalam SIG dan teknologi terkait telah mendorong perkembangan pemodelan distribusi spesies, sehingga ketersediaan data digital yang besar dan keluasan wilayah areal studi yang besar dapat dengan mudah untuk dianalisis (Miller, 2010). Penggunaan teknologi SIG dalam model distribusi spesies telah banyak diterapkan, diantaranya yaitu *Predictive Vegetation Mapping* (Franklin, 1995), *Predictive Habitat Distribution Modeling* (Guisan dan Zimmermann, 2000), *Bioclimatic Envelope Modeling* (Pearson dan Dawson, 2003), *Habitat Suitability Modeling* (Hirzel dan Le Lay, 2008), dan *Niche Modeling* (Stockwell, 2006).

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Spesies Distribution Modeling (SDM) yaitu model *Maximum Entropy* (MaxEnt). Metode ini merupakan pemodelan tertentu yang dapat memprediksi kehadiran spesies secara geografis (Phillips dkk, 2006). Untuk analisis struktur lanskap habitat Badak Sumatera di TNBBS, dilakukan pengukuran metrik lanskap dengan menggunakan *patch analyst*. Berdasarkan metode yang digunakan tersebut maka penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dalam memprediksi kehadiran Badak Sumatera dan analisis struktur lanskap habitatnya di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan.

A. Lokasi dan Waktu

Lokasi penelitian berada di kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) yang berada di wilayah administrasi Provinsi Lampung dan Bengkulu dengan luas wilayah studi ± 356.800 ha. Penelitian dilaksanakan selama 2 bulan yaitu pada bulan Februari - Maret 2016.



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian

B. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk pengolahan dan analisis data spasial terdiri atas perangkat lunak ArcGis ver. 10.1, MaxEnt Ver. 3.3.3, Patch Analyst, SPSS, Microsoft Excell 2011, GPS dan Kamera. Penggunaan alat dan fungsinya dirinci pada tabel 2.

Tabel 2. Penggunaan Alat dan fungsinya

No	Nama Alat	Versi	Fungsi
1.	Maximum Entropy	3.3.3.k	Pemodelan spasial distribusi Spesies
2.	Patch Analyst	5.1	Analisis struktur lanskap
3.	ArcGis	10.1	Pengolahan data spasial
4.	GPS	76 CSx	Pengambilan titik survey lapangan
5.	Kamera	-	Dokumentasi lapangan
6.	SPSS	17	Uji korelasi dan VIF
7.	Microsoft Excell	2013	Pengolahan data non spasial

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data koordinat temuan tanda keberadaan Badak Sumatera berupa tapak, kotoran, gesekan, kubangan, cakaran, plintiran, peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), citra DEM SRTM 1 Arc Second, Citra landsat 8 SR NDVI, tutupan Lahan TNBBS tahun 2014, data temperatur, citra curah hujan. Bahan-bahan berupa data dan sumber data tersebut dirinci pada Tabel 3.

Tabel 3. Data, sumber data dan penggunaan data

Data	Sumber Data		Informasi
	Jenis	Instansi	
Data Temuan Badak Sumatera	Data koordinat hasil survey tahun 2011-2014	TNBBS, RPU-YABI, WWF dan WCS	Data presence Badak Sumatera
Sumber Pakan	Citra Landsat 8 Surface Reflectance NDVI perekaman tanggal 27-09-2014 (2 scene) dan tanggal 18-09-2014 (1 scene)	<i>USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center Science Processing Architecture(ESPA)</i>	Variabel lingkungan sumber pakan

Data	Sumber Data		Informasi
	Jenis	Instansi	
Tutupan Lahan TNBBS	Penutupan Lahan TNBBS tahun 2014	Tropenbos Internasional Indonesia Programme	Variabel lingkungan Tutupan Lahan dan analisis struktur lanskap habitat Badak Sumatera
Ketinggian tempat	Citra DEM SRTM 1 Arc Second (30 meter)	USGS Earth Resources Observation	Variabel lingkungan ketinggian tempat
Kemiringan tempat	Citra DEM SRTM 1 Arc Second (30 meter)	USGS Earth Resources Observation	Variabel lingkungan kemiringan tempat
Curah Hujan	Citra Global Precipitation Measurement (GPM Level 3 IMERG *Final* Monthly 0.1 x 0.1 degree Precipitation V03)	NASA Goddard Earth Sciences (GES) Data and Information Services Center (DISC)	Variabel lingkungan curah hujan (CH) pada 4 kategori yaitu CH bulan Juni-Juli-Agustus (JJA), CH bulan Sept-Okt-Nov (SON), CH bulan Des-Jan-Feb (DJF) dan CH bulan Mar-Apr-Mei (MAM).
Temperatur	Suhu harian di stasiun BMKG Lampung, letak ketinggian stasiun dan data ketinggian	BMKG Lampung	Variabel lingkungan temperature lokasi penelitian
Jarak dari jalan	Peta Jalan skala 1:50.000	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI)	Variabel Lingkungan Jarak dari jalan
Jarak dari sungai	Peta sungai skala 1:50.000	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI)	Variabel Lingkungan Jarak dari sungai
Jarak dari pemukiman	Peta pemukiman skala 1:50.000	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI)	Variabel Lingkungan Jarak dari pemukiman
Jarak dari perkebunan	Peta perkebunan illegal di TNBBS skala 1:50.000	TNBBS	Variabel Lingkungan Jarak dari perkebunan

C. Tahapan Penelitian

Tahap awal penelitian prediksi kehadiran badak sumatera dan analisis struktur lanskap habitatnya di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan dilakukan dengan pengumpulan data dan informasi mengenai keberadaan Badak Sumatera di TNBBS serta data spasial yang berkaitan dengan variabel lingkungan yang mempengaruhi kehadiran Badak Sumatera. Data tersebut kemudian dianalisis untuk membangun model prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS. Selanjutnya dilakukan analisis struktur lanskap terhadap habitat Badak Sumatera berdasarkan model spasial prediksi tersebut. Adapun secara rinci tahapan penelitian dijabarkan sebagai berikut;

1. Pengumpulan Data dan Informasi

Dalam penelitian ini, data utama dan data pendukung dikelompokkan berdasarkan kegunaannya, dimana data utama merupakan data atau informasi yang digunakan dalam membangun model spasial sebaran Badak Sumatera di TNBBS. Data utama mencakup: (1) data koordinat temuan tanda keberadaan Badak Sumatera berupa tapak, kotoran, gesekan, kubangan, cakaran dan plintiran, dimana data tersebut merupakan database mitra kerja TNBBS (Yayasan Badak Indonesia (YABI), WWF Indonesia-Lampung dan WCS-IP TNBBS). Data tersebut merupakan hasil dari survey mitra kerja bersama dengan TNBBS pada tahun 2011, 2012, 2013 dan 2014. Dalam penelitian, data ini ditetapkan sebagai data utama karena dalam waktu singkat cukup sulit mendapatkan data tanda keberadaan Badak Sumatera dengan jumlah banyak guna membangun model spasial sebaran Badak Sumatera di TNBBS. (2) peta rupa bumi (RBI) skala 1:50.000 tahun 2014 untuk wilayah Propinsi Lampung dan Bengkulu, (3) citra *landsat 8 Surface Reflectance* NDVI, (4) Tutupan lahan (*landcover*) TNBBS tahun 2014, (5) citra DEM SRTM 1 Arc Second, (6) data temperatur harian dan ketinggian stasiun BMKG Lampung, (7) Citra *Global Precipitation Measurement* dan (8) Peta perkebunan illegal di TNBBS. Sumber data-data yang diperlukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.

Data pendukung merupakan data atau informasi yang mempunyai fungsi untuk mendukung pengolahan dan analisis data primer. Data yang dipergunakan

mencakup informasi kondisi wilayah penelitian baik di dalam dan sekitar kawasan taman nasional.

2. Penyusunan Data Spasial

Tahapan penyusunan data spasial untuk membangun model spasial prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS adalah sebagai berikut :

2.a. Penyusunan Data Kehadiran (*presence*) Badak Sumatera

Data koordinat sebaran Badak Sumatera yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 270 temuan yang diperoleh dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014. Data tersebut kemudian ditampilkan dalam format comma delimited (csv) dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Office Excel tahun 2013. Koordinat keberadaan Badak Sumatera menggunakan sistem koordinat geografis. Untuk kepentingan keamanan dan perlindungan terhadap satwa liar Badak Sumatera di TNBBS, data sebaran Badak Sumatera tidak disertakan dalam tulisan ini.

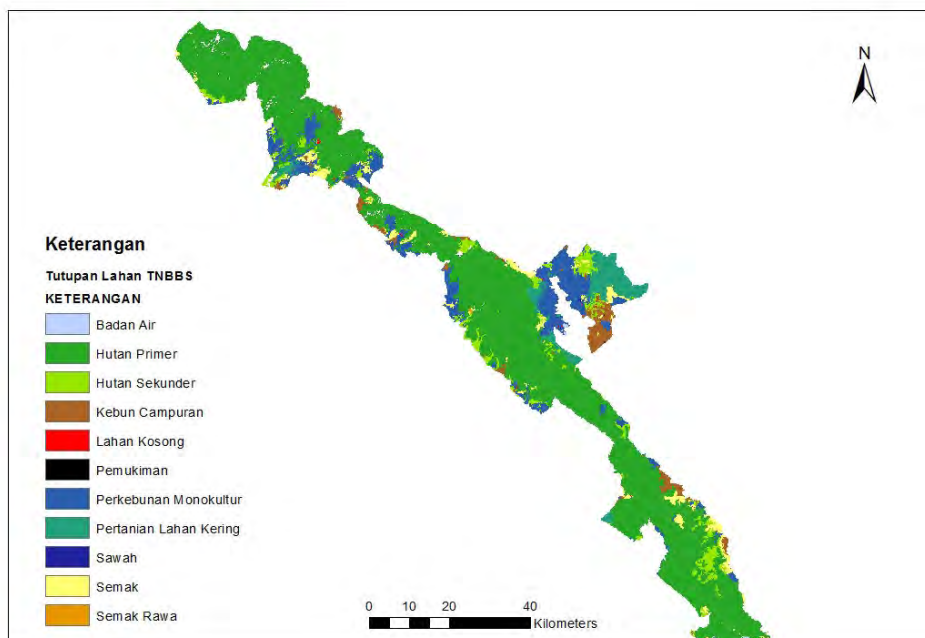
2.b. Penyusunan Spasial Variabel Lingkungan

Komponen biofisik habitat jika dirinci akan banyak meliputi peubah-peubah ekologi yang berperan dalam membentuk suatu komunitas yang memiliki hubungan kompleks dimana spesies ini hidup (Odum, 1993). Didalam pemodelan spasial distribusi spesies, pemilihan variabel lingkungan bergantung pada ketersediaan data spasial. Hal ini karena ketersediaan data spasial merupakan faktor pembatas utama dalam membangun model-model terkait dengan perjumpaan spesies (Osborne dkk., 2001). Oleh sebab itu perlu dipilih variabel lingkungan yang diduga berpengaruh terhadap keberadaan Badak Sumatera dan dapat dibuat data spasialnya.

Data spasial variabel lingkungan yang akan di gunakan dalam pemodelan spasial distribusi spesies dengan menggunakan Maxent harus dalam bentuk raster dan extent yang sama. Dalam penelitian ini, variabel lingkungan dibuat dengan sistem koordinat geografis, resolusi 30 meter dan dengan extent yaitu - 4.55379454943 (*Top*), 103.401661195 (*left*), 104.732772306 (*right*) dan - 5.9429612161 (*bottom*). Variabel lingkungan yang disusun adalah sebagai berikut;

2.b.1. Tutupan lahan

Tutupan lahan ini merupakan representasi dari kebutuhan Badak Sumatera untuk perlindungan dan tempat mencari makan. Walaupun variabel lingkungan penutupan lahan mempunyai kesamaan dengan variabel lingkungan indeks vegetasi dalam hal mempresentasikan kebutuhan Badak Sumatera untuk perlindungan dan tempat mencari makan namun berbeda dalam hal informasi yang diberikan dari setiap variabel tersebut. Dimana penutupan lahan lebih mencerminkan pada informasi mengenai objek yang tampak dipermukaan bumi. Tutupan lahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tutupan lahan hasil analisis citra landsat 8 OLI/TIRS tahun 2014 oleh Tropenbos Internasional – Indonesia (TBI Indonesia). Berdasarkan penutupan lahan TNBBS tersebut, diperoleh 11 kelas penutupan lahan (gambar 4). Variable lingkungan penutupan lahan diperoleh dalam bentuk vektor sehingga untuk kebutuhan MaxEnt maka penutupan lahan harus di konversi ke dalam bentuk raster dengan resolusi pixel 30 m. Untuk mendapatkan extent dan resolusi yang sama dengan variabel lingkungan lainnya, maka di gunakan software ArcGis dengan ekstensi *extract by mask*.



Gambar 5. Variabel Lingkungan Tutupan Lahan TNBBS Format Raster.

2.b.2. Sumber Pakan

Sumber pakan dapat mempresentasikan kebutuhan Badak Sumatera akan sumber makanan. Seperti yang diketahui bahwa Badak Sumatera lebih menyukai daerah yang memiliki vegetasi lebat dengan tumbuhan yang tumbuh rendah (Van Strein, 1985). Sumber pakan ini didekati dengan indeks vegetasi dengan menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). NDVI adalah indeks vegetasi yang cukup populer untuk mencari tahu tingkat kehijauan vegetasi suatu lahan (Jiang dkk., 2006). Nilai NDVI diukur melalui citra dengan mengambil band (saluran gelombang cahaya) warna merah (R=*red light*) dan infra merah (IR=*infrared*) (Weier dan Herring 2000). Formula untuk mendapatkan nilai NDVI adalah sebagai berikut:

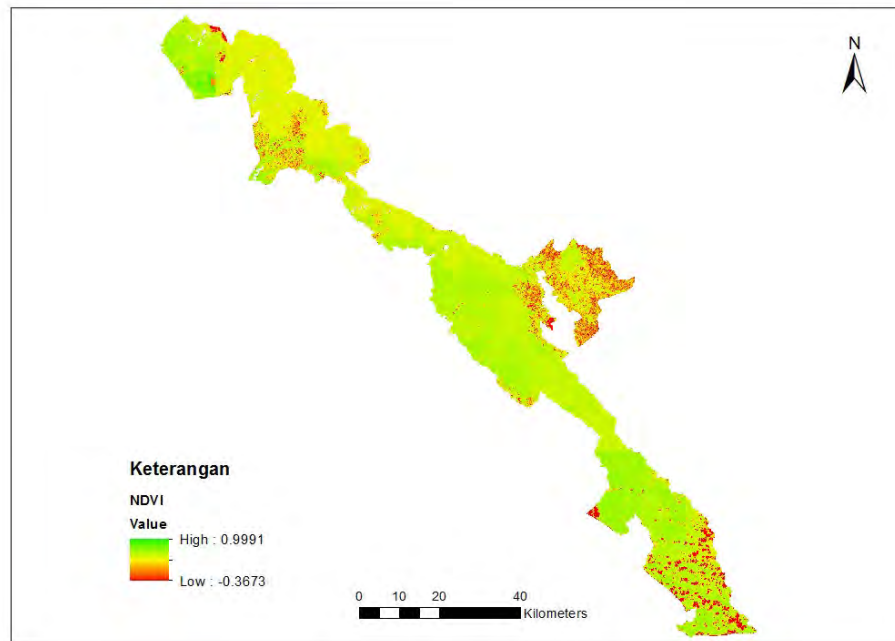
$$NDVI = \frac{(NIR \text{ Band} - Red \text{ Band})}{(NIR \text{ Band} + Red \text{ Band})}$$

Dimana NIR band adalah panjang gelombang inframerah dekat dan Red band merupakan panjang gelombang sinar tampak. Hasil dari perhitungan ini akan menghasilkan kisaran nilai antara -1 dan 1 yang menunjukkan tidak bervegetasi dan bervegetasi.

Dalam penelitian ini, variabel lingkungan sumber pakan di peroleh dari citra landsat 8 surface reflectance NDVI (Landsat 8 SR NDVI), dimana USGS *Earth Resources Observation and Science* (EROS) *Center Science Processing Architecture* (ESPA) menyediakan citra tersebut secara gratis dengan resolusi 30 meter. Untuk mencakup wilayah penelitian dibutuhkan 3 citra Landsat 8 SR NDVI. Ketiga citra tersebut di pilih dengan kondisi tutupan awan kurang dari 20 % dan waktu akusisi yang hampir sama. Dua citra (path 124/row 63 dan path 124/row 64) yang melingkupi hampir 90 % wilayah penelitian di akusisi tanggal 27 September 2014 sedangkan citra lainnya (path 125/row 63) yang melingkupi 10 % wilayah penelitian di akusisi pada tanggal 18 September 2014.

Selain mendapatkan citra Landsat 8 SR NDVI, untuk memperoleh variabel lingkungan sumber pakan di wilayah penelitian maka dilakukan penggabung (*mosaic*) terhadap ketiga citra NDVI tersebut. Untuk mendapatkan extent dan

resolusi yang sama dengan variabel lingkungan lainnya, maka di gunakan software ArcGis dengan ekstensi *extract by mask* (gambar 6).



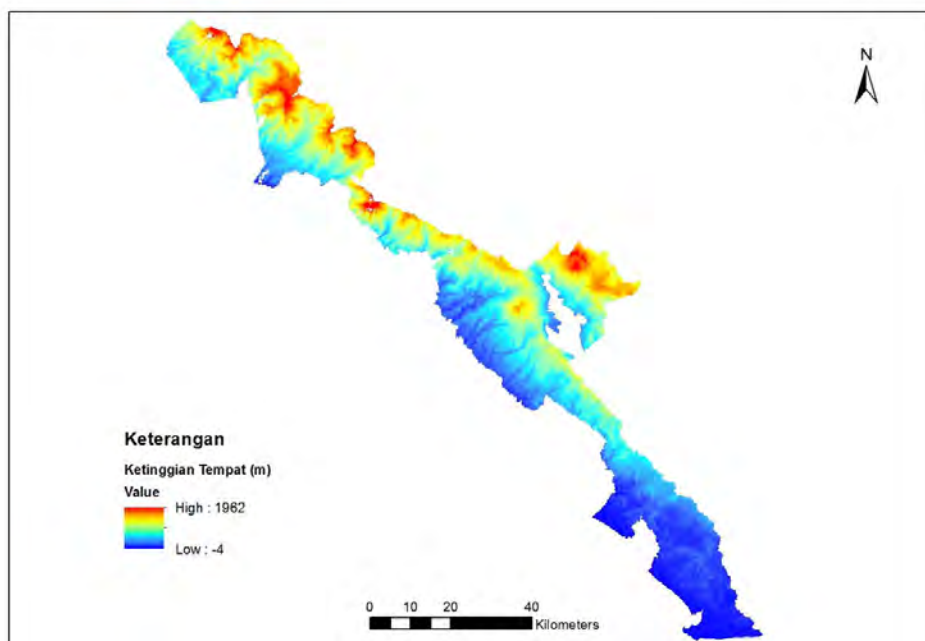
Gambar 6. Variabel Lingkungan Sumber Pakan Format Raster

2.b.3. Ketinggian dan Kemiringan Tempat

Ketinggian dan kemiringan tempat merupakan representasi dari komponen fisik habitat Badak Sumatera dimana secara fungsional mendukung dalam penyediaan makanan, air dan perlindungan (Muntasib, 2002; Rahmat, 2007) bagi Badak Sumatera. Secara alami, Badak Sumatera akan lebih menyukai daerah yang memiliki ketersediaan pakan yang melimpah dan produktifitas yang tinggi, kondisi tersebut akan dapat di temui pada daerah dataran rendah. Pada daerah dengan ketinggian 2000 mdpl maka ketersediaan pakan makin sedikit (Van Strien, 1985). Berdasarkan hasil survey area distribusi badak sumatera oleh Kurt (1973) pada beberapa kelas ketinggian bahwa badak dapat ditemukan pada kelas ketinggian 0 – 500 m, 500-1000 m, 1000-1500 m, 1500-2000 m, dan lebih dari 2000 m.

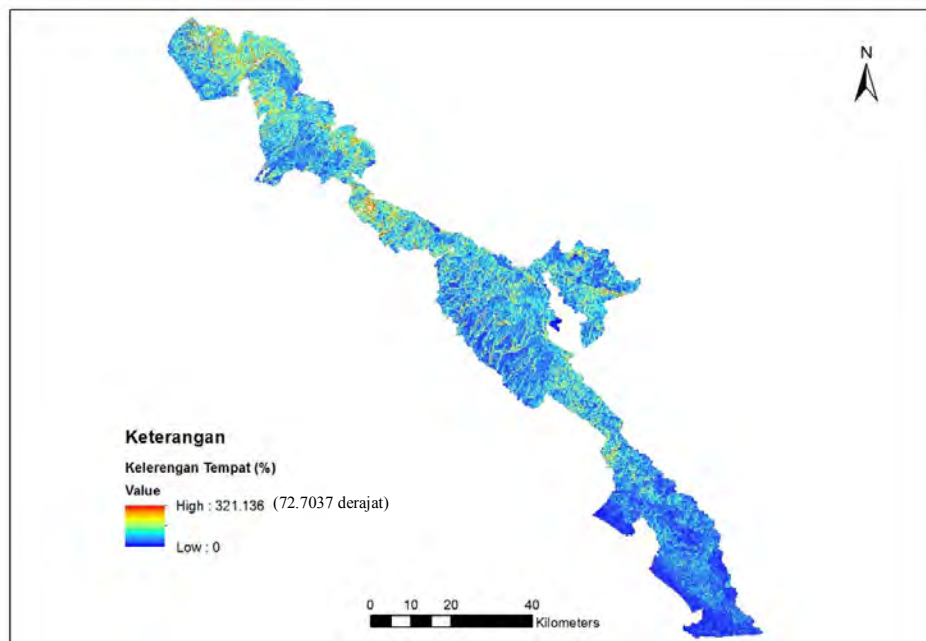
Bagi mamalia besar seperti Badak Sumatera, daerah dengan kemiringan yang tinggi akan cukup menyulitkan dalam mencari makanan sehingga Badak Sumatera akan lebih memilih daerah yang memiliki ketersediaan pakan yang cukup dengan kemiringan yang rendah. Oleh sebab itu, variabel lingkungan kemiringan tempat merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi keberadaan Badak Sumatera di TNBBS.

Variabel lingkungan ketinggian tempat diperoleh dengan menggunakan citra DEM SRTM 1 Arc Second (30 meter) yang diunduh secara gratis melalui USGS. Untuk mencakup seluruh wilayah penelitian maka dibutuhkan 3 citra DEM yang digabung menjadi satu. Penggabungan dapat dilakukan dengan menggunakan ArcGis dengan ekstensi *mosaic to new raster*. Untuk mendapatkan extent dan resolusi yang sama dengan variabel lingkungan lainnya, digunakan ekstensi *extract by mask* pada ArcGis (gambar 7).



Gambar 7. Variabel Lingkungan Ketinggian Tempat Format Raster

Variabel lingkungan kemiringan tempat diperoleh dengan menggunakan data raster ketinggian tempat yang sudah memiliki resolusi dan extent yang sama dengan variabel lingkungan lainnya. Perangkat lunak ArcGis dengan ekstensi *slope* dapat mengekstrak data raster ketinggian tempat menjadi data raster kemiringan tempat (gambar 8).



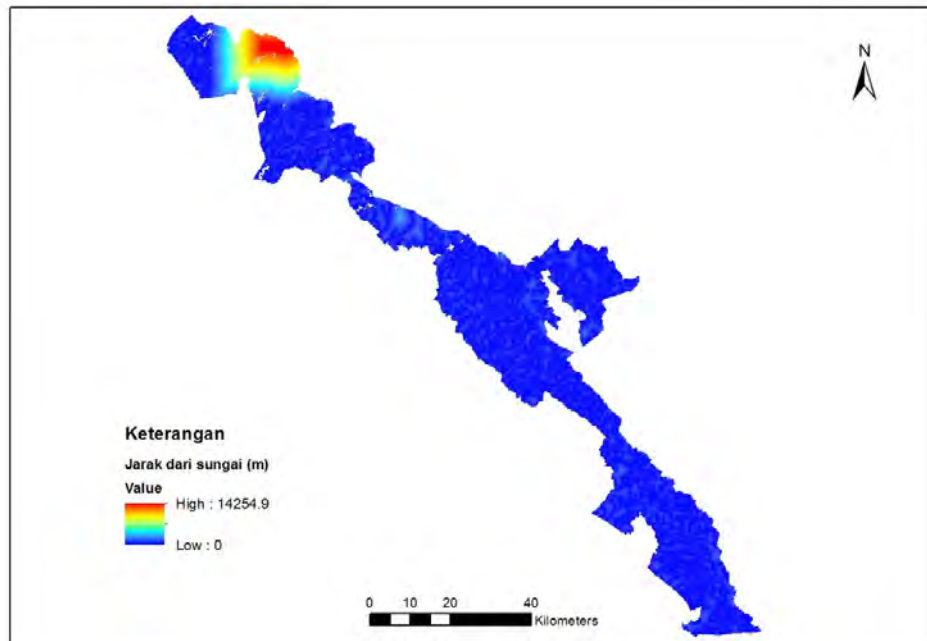
Gambar 8. Variabel Lingkungan Kelerengan Tempat Format Raster

2.b.4. Jarak dari Sungai

Jarak dari sungai merupakan representasi dari kebutuhan Badak Sumatera akan air untuk minum. Badak Sumatera merupakan satwa liar yang memerlukan air yang cukup bersih dengan jumlah yang cukup (Rahmat, 2007). Alikodra (2002) menyatakan bahwa badak tergolong kedalam binatang yang hidupnya tergantung pada air, yaitu untuk proses pencernaan makanan dan memerlukan air setiap harinya untuk berkubang.

Jarak dari sungai diperoleh dengan menggunakan peta sungai RBI skala 1:50.000 dan di analisis dengan ekstensi *Euclidean to distance* pada perangkat

lunak ArcGis. Untuk mendapatkan extent dan resolusi yang sama dengan variabel lingkungan lainnya, di gunakan ekstensi *extract by mask* pada ArcGis (gambar 9).

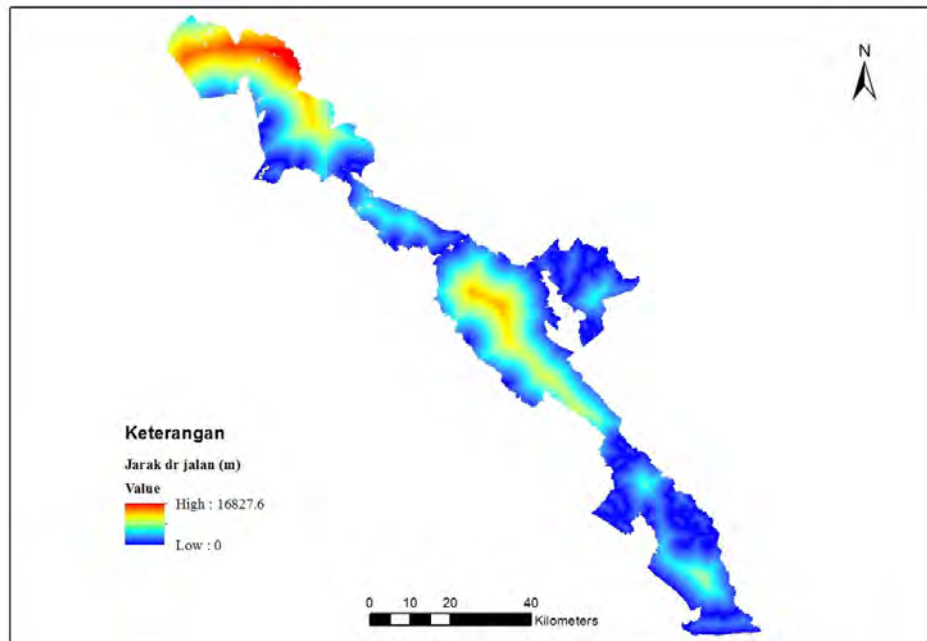


Gambar 9. Variabel Lingkungan Jarak dari Sungai Format Raster

2.b.5. Jarak dari Jalan, Pemukiman dan Perkebunan

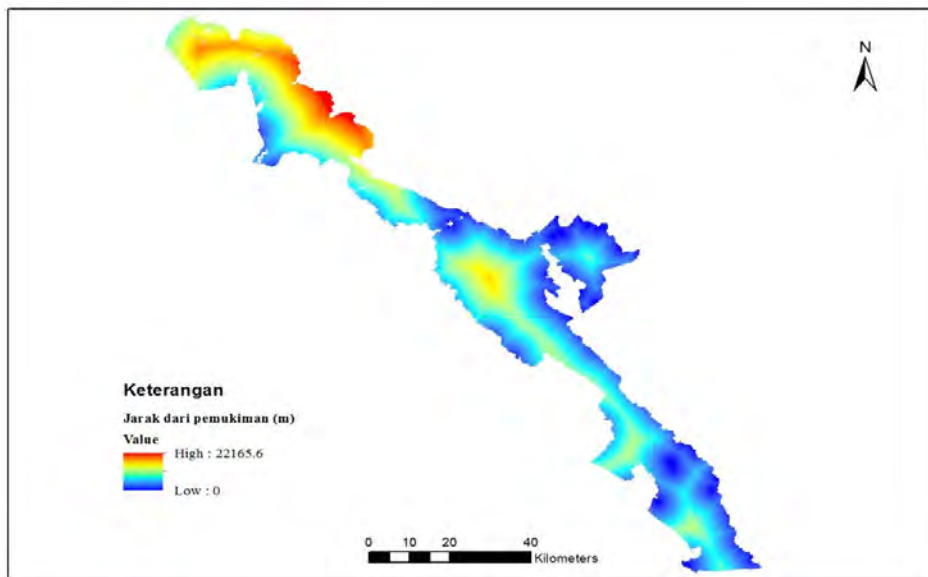
Jarak dari jalan, pemukiman dan perkebunan merupakan representasi dari gangguan yang disebabkan oleh adanya aktifitas manusia yang dapat mempengaruhi pola penggunaan ruang oleh badak sumatera. Griffiths dan Schaik (1993) menyatakan bahwa mamalia besar cenderung menghindari jalan. Kebisingan dan getaran diduga akan mempengaruhi kehadiran badak, dimana badak akan menghindari wilayah yang terganggu. Sama halnya dengan jarak dari perkebunan dan pemukiman, aktifitas tersebut juga dapat mempengaruhi kehadiran Badak Sumatera. Penelitian di Taman Nasional Way Kambas menyimpulkan bahwa lokasi-lokasi yang tinggi aktivitas manusia semakin kecil pula kehadiran badak di lokasi tersebut. Aktivitas perkebunan atau perambahan, pencurian sumber daya alam hayati dan pemukiman liar menjadi faktor yang menekan gerak Badak Sumatera di Taman Nasional Way Kambas (Arief, 2005).

Jarak dari jalan diperoleh dengan menggunakan peta jalan RBI skala 1:50.000 dan di analisis dengan ekstensi *Euclidean to distance* pada perangkat lunak ArcGis. Untuk mendapatkan extent dan resolusi yang sama dengan variabel lingkungan lainnya, di gunakan ekstensi *extract by mask* pada ArcGis (gambar 10).



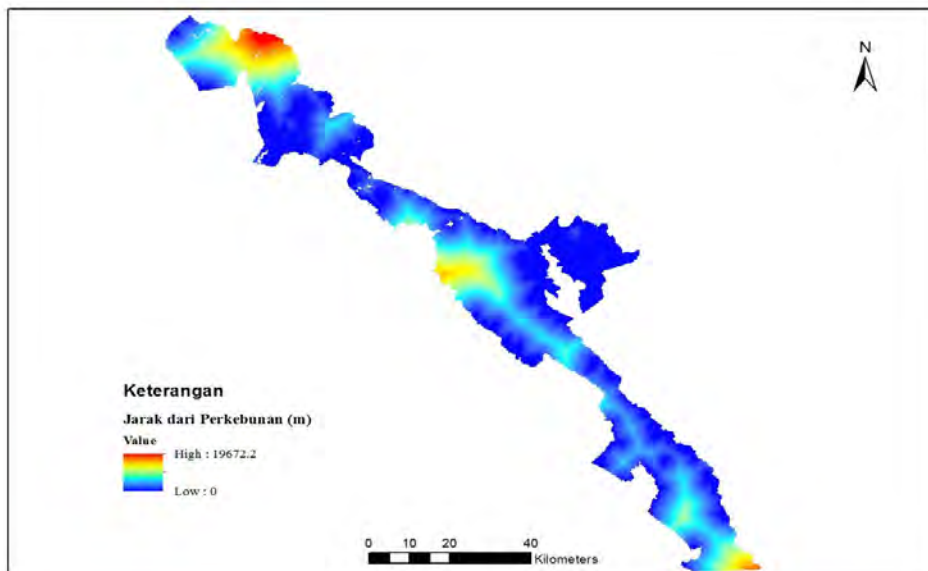
Gambar 10. Variabel Lingkungan Jarak dari Jalan Format Raster

Sama seperti halnya variabel lingkungan jarak dari jalan, variabel jarak dari pemukiman juga diperoleh dengan menggunakan peta jalan RBI skala 1:50.000 dan di analisis dengan ekstensi *Euclidean to distance* pada perangkat lunak ArcGis. Untuk mendapatkan extent dan resolusi yang sama dengan variabel lingkungan lainnya, di gunakan ekstensi *extract by mask* pada ArcGis (gambar 11).



Gambar 11. Variabel Lingkungan Jarak dari Pemukiman Format Raster

Jarak dari perkebunan diperoleh dengan menggunakan peta perkebunan yang ada di dalam kawasan TNBBS dan di analisis dengan ekstensi *Euclidean to distance* pada perangkat lunak ArcGis. Untuk mendapatkan extent dan resolusi yang sama dengan variabel lingkungan lainnya, di gunakan ekstensi *extract by mask* pada ArcGis (gambar 12).



Gambar 12. Variabel Lingkungan Jarak dari Perkebunan Format Raster

2.b.6. Temperatur

Iklm dapat mempengaruhi persebaran flora dan fauna di suatu daerah. Adanya perubahan iklim akan mempengaruhi keberadaan flora dan fauna baik dari segi jumlah maupun persebaran. IPCC (*International Panel on Climate Change*) pada April 2007 melaporkan bahwa kurang lebih 20-30% tumbuhan dan hewan diperkirakan akan meningkat risiko kepunahannya jika kenaikan temperatur global rata-rata di atas 1,5 – 2,5⁰C. Berdasarkan informasi tersebut maka salah satu faktor pembentuk iklim yaitu temperatur merupakan salah satu faktor yang dapat berpengaruh terhadap distribusi spesies.

Franklin (2009) menggunakan temperatur dalam pemodelan distribusi dikarenakan temperatur dapat memberikan efek psikologis langsung pada satwa liar. Selain itu Philips dkk., (2006) juga menggunakan nilai minimum, maksimum dan suhu rata-rata tahunan sebagai variabel prediktor di SDM. Berdasarkan hal tersebut maka dalam penelitian ini, variabel lingkungan temperatur juga menjadi salah satu variabel yang diduga berpengaruh terhadap keberadaan Badak Sumatera di TNBBS.

Variabel lingkungan temperatur diperoleh dengan menggunakan temperatur suatu daerah pada ketinggian tertentu. Menurut teori Braak bahwa salah satu sifat khas temperatur udara yaitu setiap naik vertikal 100 meter temperatur udara turun 0,5⁰C. Untuk daerah tropik setiap naik vertikal 100 meter, temperatur turun 0,6⁰C. Penurunan temperatur semacam ini disebut gradien temperatur vertikal atau lapse rate. Pada udara kering, besar lapse rate adalah 1⁰C. Perubahan suhu udara berdasarkan perbedaan ketinggian ini dapat dihitung dengan memasukkan temperatur udara rata-rata tahunan, ketinggian tempat temperatur udara yang diketahui dan berbagai ketinggian tempat di lokasi penelitian yang akan diketahui temperaturnya ke dalam rumus Mock berikut ;

$$\Delta T = 0,006 (X_1 - X_2) \times 1^{\circ} C$$

Keterangan :

ΔT = Selisih suhu udara antara lokasi 1 dengan lokasi 2 (⁰C).

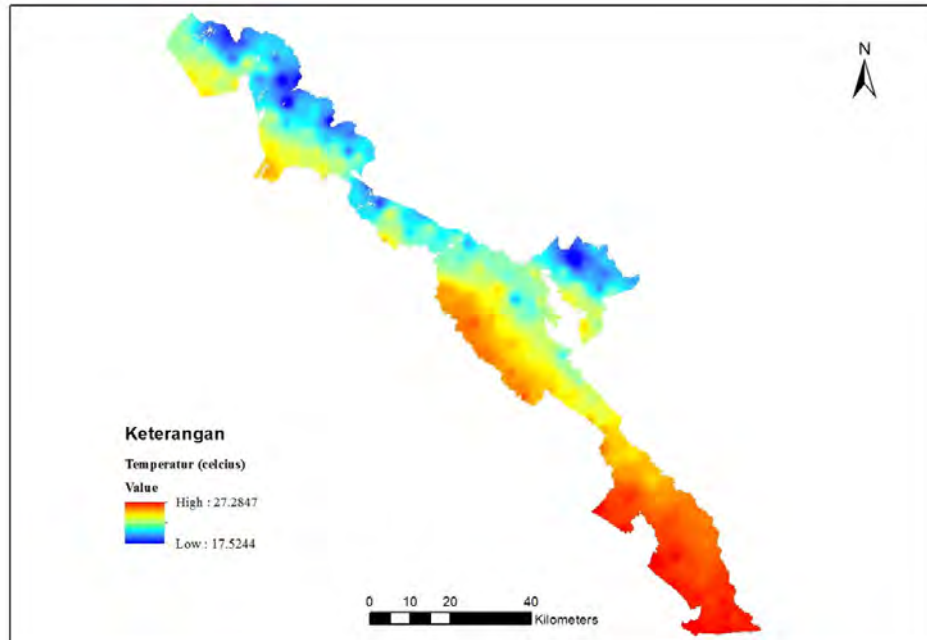
X_1 = Tinggi tempat yang diketahui suhu udaranya (m)

X_2 = Tinggi tempat yang dicari suhu udaranya (m)

Jika selisih suhu udara (ΔT) tandanya negatif untuk mengetahui suhu udara yang dicari, suhu udara yang telah diketahui dikurangi dengan ΔT . Jika ΔT tandanya positif untuk memperoleh nilai suhu udara yang dicari, suhu udara yang telah diketahui dijumlahkan dengan nilai ΔT .

Untuk mendapatkan data titik ketinggian diberbagai lokasi penelitian, digunakan perangkat lunak ArcGis dengan ekstensi *create random point*. Ekstensi ini dapat membuat sejumlah poin secara acak dimana jarak antar titik satu dengan lainnya yang berada dalam lokasi penelitian diatur sesuai dengan kebutuhan. Jarak antar titik yang digunakan dalam penelitian ini adalah 100 meter. Setelah data point di buat selanjutnya di tumpah susun dengan data ketinggian lokasi penelitian untuk mendapatkan data ketinggian di setiap poin tersebut. Data ketinggian di setiap poin diperoleh dengan menggunakan perangkat lunak ArcGis ekstensi *Extract value to points*.

Setelah data ketinggian di berbagai tempat dilokasi penelitian diketahui, kemudian dimasukkan nilai temperaturnya berdasarkan rumus Mock diatas. Data temperatur rata-rata tahunan dan ketinggian yang diketahui temperaturnya menggunakan data dari stasiun BMKG Lampung. Data temperatur BMKG yang digunakan adalah data temperatur rata-rata harian dari tahun 2011-2015 yang kemudian dihitung menjadi temperatur rata-rata tahunan. Setelah di dapat nilai temperatur pada titik-titik ketinggian tersebut kemudian dilakukan teknik interpolasi untuk membuat data temperatur di dalam lokasi penelitian dalam bentuk raster. Interpolasi dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ArcGis ekstensi *Inverse distance weighting (IDW)*. Metode IDW merupakan metode interpolasi konvensional yang memperhitungkan jarak sebagai bobot. Jarak yang dimaksud disini adalah jarak (datar) dari titik data (sampel) terhadap blok yang akan diestimasi. Jadi semakin dekat jarak antara titik sampel dan blok yang akan diestimasi maka semakin besar bobotnya begitu juga sebaliknya. Untuk mendapatkan extent dan resolusi yang sama dengan variabel lingkungan lainnya, di gunakan ekstensi *extract by mask* pada ArcGis (gambar 13).



Gambar 13. Variabel Lingkungan Temperatur Format Raster

2.b.7. Curah Hujan

Badak Sumatera dapat hidup di dataran tinggi maupun di dataran rendah asalkan ketersediaan sumberdaya terpenuhi salah satunya adalah air. Berdasarkan hal tersebut maka curah hujan tampaknya dapat mempengaruhi pergerakan Badak Sumatera. Pada musim hujan, Badak Sumatera dapat ditemukan di dataran rendah dimana sumber air tersedia namun pada saat musim kering atau panas, Badak Sumatera akan berada di daerah berbukit dekat dengan sungai yang permanen (Van Strien, 1974). Berdasarkan informasi diatas maka salah satu faktor pembentuk iklim lainnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah curah hujan. Menurut Phillips dkk., (2006) bahwa curah hujan umumnya juga digunakan sebagai variabel lingkungan dalam memprediksi distribusi spesies.

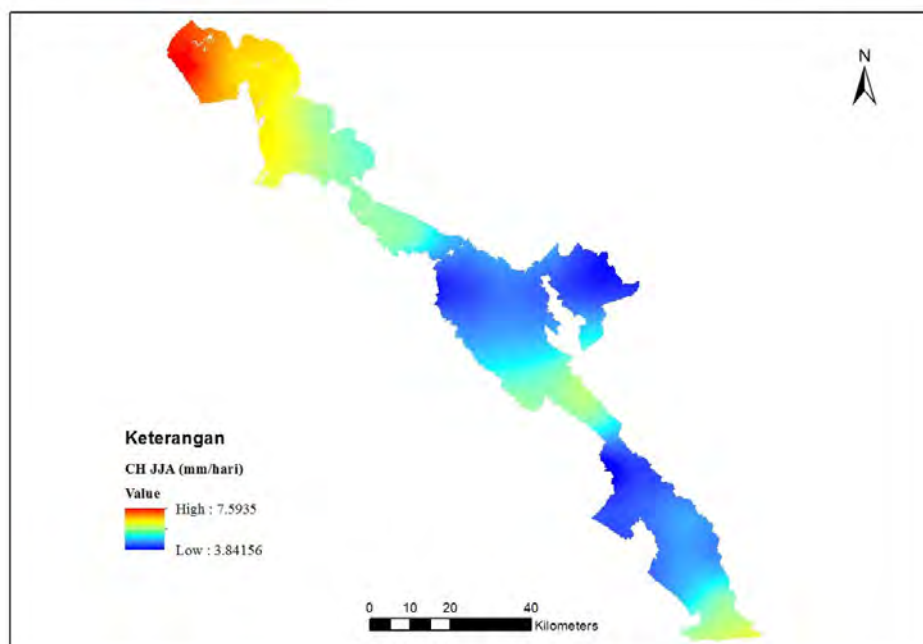
Variabel lingkungan curah hujan diperoleh dari Citra *Global Precipitation Measurement (GPM Level 3 IMERG *Final* Monthly 0.1 x 0.1 degree Precipitation V03)* yang dikeluarkan oleh *NASA Goddard Earth Sciences (GES) Data and Information Services Center (DISC)*. Citra GPM merupakan generasi

selanjutnya dari citra *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) dengan cakupan lebih luas, resolusi spasial dan temporal yang lebih tinggi. Citra GPM dengan resolusi 1 km x 1 km dapat diunduh melalui alamat unduh <http://giovanni.sci.gsfc.nasa.gov>. Berdasarkan ketersediaan data maka untuk kebutuhan data mengenai curah hujan, citra curah hujan yang dipilih adalah citra GMP dengan kategori *User-Defined Climatology Map*, dimana citra tersebut memiliki resolusi spasial dan temporal yang cukup baik dalam memenuhi pendekatan untuk memprediksi kehadiran Badak Sumatera pada saat musim penghujan dan musim kemarau. Secara temporal, citra GMP kategori *User-Defined Climatology Map* memiliki satuan curah hujan rata-rata perjam, rata-rata harian dan rata-rata bulanan. Dalam penelitian ini, satuan curah hujan yang digunakan adalah curah hujan rata-rata harian, hal tersebut dilakukan karena terkait dengan pergerakan harian dari Badak Sumatera. Secara spasial, citra GMP kategori *User-Defined Climatology Map* memiliki informasi curah hujan dalam bentuk rata-rata curah hujan bulanan dan kelompok 3 bulanan sesuai dengan musim meteorologi (DJF = Desember, Januari, Februari, MAM = Maret, April, Mei, JJA = Juni, Juli, Agustus, SON = September, Oktober, November). Dalam penelitian ini, citra curah hujan yang di pilih adalah kelompok 3 bulan sesuai dengan musim meteorology, dimana curah hujan bulan September, Oktober, November (SON) dan curah hujan bulan Desember, Januari, Februari (DJF) merupakan representasi musim penghujan. Curah hujan bulan Maret, April, Mei (MAM) dan curah hujan bulan Juni, Juli, Agustus (JJA) merupakan representasi musim kemarau. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui variabel lingkungan curah hujan pada kelompok bulan apa yang dapat mempengaruhi keberadaan Badak Sumatera di TNBBS.

Terkait resolusi raster yang digunakan adalah 30 meter sedangkan citra GMP memiliki resolusi 1 km x 1 km, maka perlu dilakukan proses perubahan resolusi dengan menggunakan perangkat lunak ArcGis ekstensi *resample*. Perubahan resolusi dari 1 km menjadi 30 meter dilakukan karena terbatasnya data dan informasi mengenai curah hujan di wilayah penelitian. Ketersediaan data curah hujan yang tersedia dengan resolusi paling tinggi adalah 1 km. Perubahan resolusi dari 1 km menjadi 30 meter tidak merubah nilai pixelnya tetapi hanya merubah

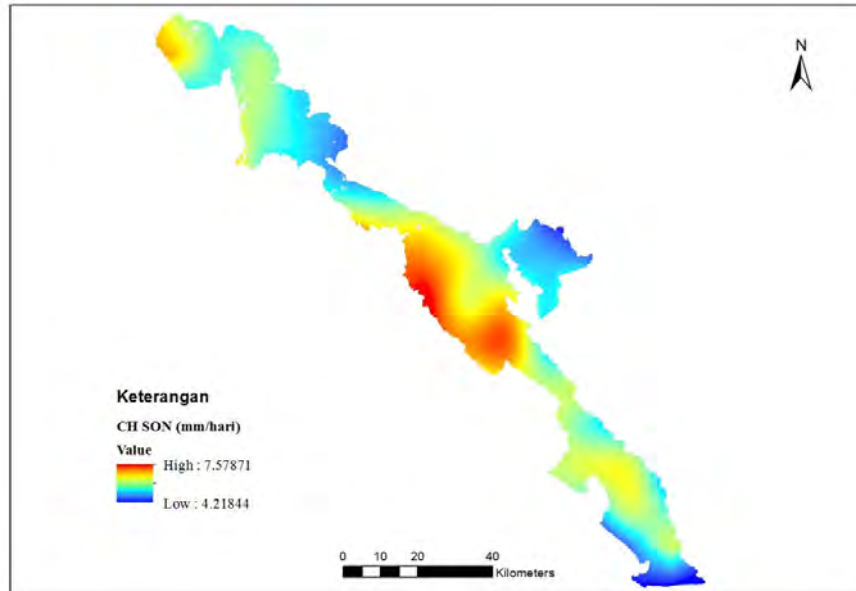
jumlah pixel. Untuk mendapatkan extent dan resolusi yang sama dengan variabel lingkungan lainnya, di gunakan ekstensi *extract by mask* pada ArcGis (gambar 14, 15, 16 dan 17).

Dibawah ini adalah variabel lingkungan curah hujan bulan Juni-Juli-Agustus (JJA) hasil resample dengan kisaran curah hujan rata-rata di lokasi penelitian antara 3.8-7.6 mm/hari atau sekitar 114-228 mm/bulan (gambar 14).



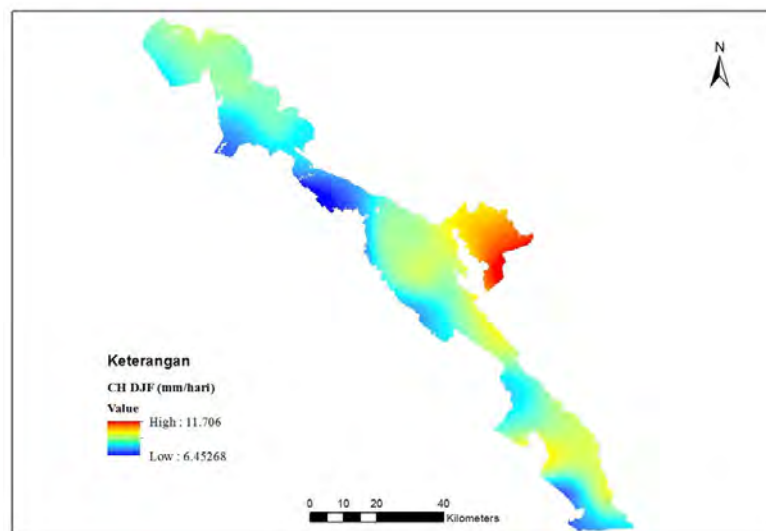
Gambar 14. Variabel lingkungan Curah Hujan Bulan Juni-Juli-Agustus Format Raster

Dibawah ini adalah variabel lingkungan curah hujan bulan September-Oktober-November (SON) hasil resample. Kisaran curah hujan rata-rata harian di lokasi penelitian antara 4.2-7.6 mm/hari atau sekitar 126-228 mm/bulan (gambar 15).



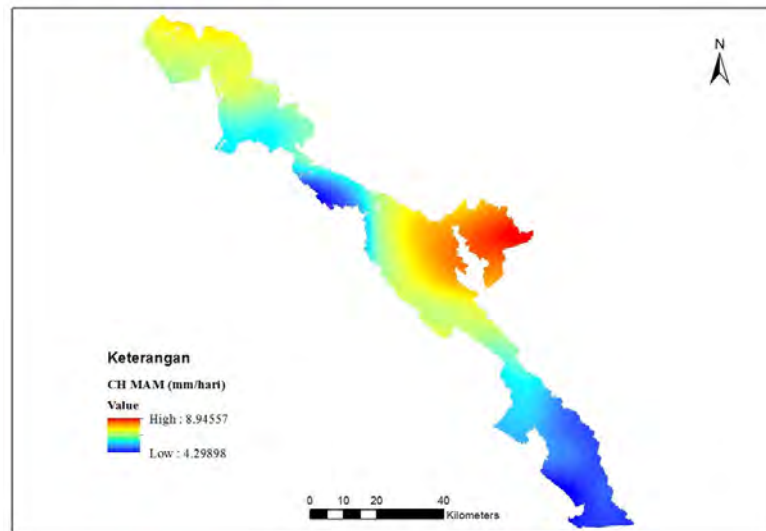
Gambar 15. Variabel lingkungan Curah Hujan Bulan September-Oktober-November Format Raster

Berikut adalah variabel lingkungan curah hujan bulan Desember-Januari-Februari (DJF) hasil resample. Kisaran curah hujan rata-rata harian di lokasi penelitian antara 6.4-11.71 mm/hari atau sekitar 192-351.3 mm/bulan (gambar 16).



Gambar 16. Variabel lingkungan Curah Hujan Bulan Desember-Januari-Februari Format Raster

Berikut adalah variabel lingkungan curah hujan bulan Maret-April-Mei (MAM) hasil resample. Kisaran curah hujan rata-rata harian di lokasi penelitian antara 4.2-8.9 mm/hari atau sekitar 126-267 mm/bulan (gambar 17).



Gambar 17. Variabel lingkungan Curah Hujan Bulan Maret-April-Mei Format Raster

3. Analisis Multikolinieritas Antar Variabel Lingkungan

Variable lingkungan yang digunakan dalam pemodelan distribusi spesies perlu dilakukan uji multikolinieritas terlebih dahulu. Uji ini dilakukan untuk mengetahui hubungan linier antara dua atau lebih pada variabel prediktor. Jika terdapat hubungan linier antara variable lingkungan maka salah satu variable harus dihilangkan. Adanya multikolonieritas antar variabel prediktor dapat menghasilkan kesimpulan statistik yang kurang bagus karena besarnya nilai interval koefisien kepercayaan. Uji multikolinieritas dalam penelitian ini dilakukan pada variabel lingkungan yang bersifat kontinu dengan melihat nilai VIF (*Variance Inflation Factor*). Indikator yang menunjukkan terjadinya multikolonieritas pada variabel prediktor adalah jika Nilai VIF lebih besar dari 10. Jika terdapat variabel prediktor yang memiliki nilai VIF lebih dari 10 maka variabel tersebut di hilangkan kemudian dilakukan kembali uji multikolonieritas sampai tidak ada variabel yang memiliki nilai VIF lebih dari 10.

Uji multikolonieritas dilakukan pada 12 variabel lingkungan yang diduga berpengaruh terhadap keberadaan Badak Sumatera di TNBBS yang bersifat kontinu. Sebanyak 100 titik diambil secara acak dari setiap variabel lingkungan tersebut untuk dilakukan uji multikolonieritas. Untuk mendapatkan nilai sebanyak 100 titik dari setiap variabel lingkungan digunakan perangkat lunak ArcGis ekstensi *Extract Multi Value to Points*. Selanjutnya dilakukan uji multikolonieritas dengan menggunakan perangkat lunak SPSS 17 untuk melihat nilai VIF antar variabel lingkungan. Tabel 4 menunjukkan uji VIF terhadap variabel lingkungan yang diduga berpengaruh terhadap keberadaan Badak Sumatera di TNBBS. Pada tabel 4 terlihat bahwa terjadi multikolonieritas antara variabel lingkungan temperatur dan variabel lingkungan ketinggian tempat, sehingga salah satu variabel tersebut harus dihilangkan. Pada penelitian ini, variabel lingkungan ketinggian tempat yang dihilangkan. Hal tersebut dilakukan karena variabel lingkungan temperatur diperoleh dari beda ketinggian tempat sehingga variabel ini dapat menginformasikan ketinggian suatu tempat. Tabel 5 menunjukkan uji VIF setelah salah satu variabel lingkungan yang memiliki nilai VIF lebih dari 10 di hilangkan.

Tabel 4. Uji *Variance Inflation Factor* (VIF) Terhadap 12 Variabel Lingkungan

Model		Coefficients ^a	
		Collinearity Statistics	
		Tolerance	VIF
1	SUNGAI	.557	1.794
	TEMPERATUR	.061	16.454
	SLOPE	.658	1.519
	JRK_PERKEBUNAN	.383	2.614
	JRK_PEMUKIMAN	.270	3.705
	NDVI	.723	1.383
	JRK_JALAN	.199	5.024
	KETINGGIAN	.071	14.001
	CH_DJF	.301	3.322
	CH_JJA	.481	2.077
	CH_MAM	.202	4.949
	CH_SON	.394	2.539

Tabel 5. Uji *Variance Inflation Factor* (VIF) Terhadap 11 Variabel Lingkungan

Model		Collinearity Statistics	
		Tolerance	VIF
1	SUNGAI	.566	1.767
	TEMPERATUR	.199	5.016
	SLOPE	.661	1.512
	JRK_PERKEBUNAN	.385	2.597
	JRK_PEMUKIMAN	.277	3.612
	NDVI	.723	1.383
	JRK_JALAN	.201	4.984
	CH_DJF	.301	3.320
	CH_JJA	.497	2.012
	CH_MAM	.204	4.904
	CH_SON	.397	2.519

4. Membangun Model Prediksi Kehadiran Badak Sumatera dengan MaxEnt

Model probabilitas kehadiran Badak Sumatera di TNBBS di bangun dengan menggunakan perangkat lunak MaxEnt Ver. 3.3.3k yang dapat di unduh secara gratis (Phillips dkk, 2006). Maxent merupakan salah satu pemodelan yang menggunakan dua dataset yaitu data kehadiran spesies dan variabel lingkungan dalam membangun model prediksi distribusi spesies. Berikut tahapan dalam membangun model spasial probabilitas kehadiran Badak Sumatera di TNBBS :

4.a Persyaratan Data

Maxent membutuhkan dua dataset yaitu data kehadiran spesies dan data variabel lingkungan yang diduga mempengaruhi keberadaan spesies tersebut. Namun ada persyaratan yang harus di penuhi terhadap data tersebut untuk dapat di analisis dengan menggunakan Maxent. Adapun untuk data kehadiran spesies, penyusunannya telah dibahas sebelumnya pada bagian 2.a. pada bab ini, dimana data kehadiran spesies disusun dengan menggunakan excel dalam tiga kolom yaitu spesies, longitude dan latitude kemudian disimpan dalam format CSV.

Demikian juga dengan data variabel lingkungan, aplikasi maxent mensyaratkan data variabel lingkungan harus dalam format raster ASCII dengan

referensi geografis, batas geografis dan ukuran pixel (sel grid) yang sama. Penyusunan data variabel lingkungan telah dibahas sebelumnya di point 2.b. dan variabel lingkungan yang digunakan dalam penelitian ini juga telah dinyatakan di point 3 pada bab ini. Namun penyusunan belum sampai pada tahap merubah format raster menjadi ASCII. Untuk membuat data variabel lingkungan berformat ASCII digunakan perangkat lunak ArcGis ekstensi *Raster to ASCII*. Variabel lingkungan yang telah dirubah formatnya menjadi file ASCII kemudian disimpan dalam satu folder berlabel “variabel lingkungan”, hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam menjalankan aplikasi Maxent.

4.b Parameter Model

Parameter yang digunakan untuk membangun model prediksi kehadiran Badak Sumatera dalam penelitian ini adalah parameter regulasi standar yang disediakan oleh Maxent. Menurut Phillips dan Dudik (2008) bahwa ketika menggunakan Maxent dengan parameter regulasi standar maka akan menghasilkan model yang hampir setara dengan model yang menggunakan data ketidakhadiran (*absence*).

Adapun parameter regulasi standar yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian *basic* dan *advanced*. Pada bagian *basic*, parameter yang ditetapkan yaitu (1) jumlah model ulangan (*replicates*) yang digunakan adalah 10. Parameter ini akan membuat model sebanyak 10 kali dan menghasilkan rata-rata dari semua model tersebut sebagai hasil akhir. (2) *Random test percentage* atau presentase uji acak yang digunakan adalah 25 persen. Parameter ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja model yang dihasilkan dimana model yang dihasilkan akan diuji dengan menggunakan data kehadiran yang diambil secara acak sebanyak 25 persen. (3) tipe replikasi atau teknik sampling dalam menjalankan pengulangan adalah *subsample*. Parameter ini digunakan agar data kehadiran dapat berulang kali secara acak menjadi data kehadiran untuk membuat model dan data kehadiran untuk mengevaluasi model. (4) *max number of background points* yang digunakan adalah 10.000. Parameter ini digunakan untuk meningkatkan jumlah titik secara random pada variabel lingkungan untuk membuat model sehingga dihasilkan model distribusi yang baik. Pada bagian *advanced*,

parameter yang ditetapkan adalah *maximum iteration*. Jumlah iterasi yang digunakan adalah 500 sebagai aturan standar. Parameter ini digunakan agar model memiliki waktu untuk melakukan konvergensi sehingga dapat mengurangi terjadinya ketidakpastian dalam memprediksi. Secara singkat parameter regulasi standar yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Parameter Regulasi pada Maxent

Random test Presentage	25
Regulation Multiplier	1
Max number of background points	10.000
Replicates	10
Replicated run type	subsample
Max iterations	500
Convergence threshold	0.00001
Output format	logistic

4.c Menjalankan Aplikasi Maxent

Data spasial keberadaan Badak Sumatera di TNBBS dan variabel lingkungan telah disiapkan sesuai dengan persyaratan data, tahapan selanjutnya adalah menjalankan aplikasi Maxent. Setelah aplikasi Maxent dijalankan, kemudian masukkan data keberadaan Badak Sumatera dan data variabel lingkungannya serta parameter regulasi standar yang digunakan dalam penelitian ini. Selanjutnya jalankan tombol *run* untuk memulai pemodelan prediksi kehadiran Badak Sumatera. Setelah proses pemodelan selesai, Maxent akan menghasilkan akan menghasilkan data diantaranya yaitu (1) Kinerja model (*Model performance*), (2) Peta prediksi (*Prediction maps*), (3) Kurva respon (*Response curve*), (4) Analisa kontribusi variable (*Analysis of variable contributions*), dan (5) Output data mentah dan parameter kontrol (*Raw data outputs and control parameters*).

4.d Kinerja Model

Evaluasi model sebaran spesies diperlukan untuk mengukur tingkat akurasi yang menggambarkan tingkat kinerja model (Franklin, 2009). Seperti halnya pendekatan model, akurasi model diuji untuk menentukan relevansi model

(Baldwin, 2009). Dalam penelitian ini, evaluasi model dilakukan dengan menggunakan metode *Receiver Operating Characteristic* (ROC). ROC merupakan metode yang berdasarkan pada sensitivitas dan spesifisitas (Baldwin, 2009). Sensitivitas menggambarkan seberapa baik model memprediksi kehadiran, sedangkan spesifisitas menggambarkan seberapa baik model memprediksi ketidakhadiran.

Metode ROC dibangun dengan memilih beberapa data untuk dijadikan sampel. Model yang baik dapat didefinisikan oleh kurva yang memaksimalkan sensitivitas dengan nilai pecahan positif (Baldwin, 2009). Hal tersebut dapat diukur dengan menghitung *Area Under Curve* (AUC) (Fourcade dkk., 2014). AUC adalah pendekatan peringkat untuk menilai kinerja model dengan menentukan probabilitas lokasi keberadaan (*presence*) memiliki peringkat lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi latar belakang (*absence*) secara acak (Baldwin, 2009). Performa model ditunjukkan dengan tingginya nilai AUC, di mana nilai 0,5-0,7 dianggap rendah, 0,7-0,9 model dianggap berguna dan lebih dari 0,9 menunjukkan tingkat keakuratan yang tinggi dalam mengukur *presence* dan *absence* (Manel dkk., 2001).

Pemodelan prediksi kehadiran Badak Sumatera dalam penelitian ini dibangun dengan 10 kali ulangan dengan tipe ulangan *subsample*. Setiap ulangan akan menghasilkan analisis kurva ROC yang berikan informasi mengenai nilai AUC kemudian nilai tersebut dirata-ratakan sehingga didapatkan nilai AUC rata-rata dengan standar deviasi. Nilai AUC rata-rata ini yang digunakan untuk mengukur kinerja model prediksi kehadiran Badak Sumatera. Seperti yang sudah dinyatakan sebelumnya nilai AUC berkisar dari 0 sampai 1, dengan nilai mendekati 1 berarti kinerja model tersebut optimal dan nilai dibawah 0.5 berarti kinerja model kurang baik. Araújo and Guisan (2006) mengklasifikasikan nilai AUC untuk menilai kinerja model dan klasifikasi tersebut digunakan untuk menilai kinerja model prediksi kehadiran Badak Sumatera dalam penelitian ini (tabel 7).

Tabel 7. Klasifikasi Ukuran Kinerja Model Berdasarkan Nilai AUC (Araújo and Guisan, 2006)

Nilai AUC	Kinerja Model
0.9 – 1.0	Sangat Baagus
0.8 – 0.9	Bagus
0.7 – 0.8	Sedang
0.6 – 0.7	Kurang Bagus

4.e Model Prediksi Kehadiran Badak Sumatera Dalam Bentuk Spasial

Hasil akhir Maxent semuanya dirangkum dalam sebuah file HTML. Salah satu outputnya yaitu model prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS secara spasial. Informasi ini dibuat Maxent berdasarkan nilai AUC yang mewakili kinerja model serta variabel lingkungan yang berkontribusi dalam pembuatan model. Untuk dapat menganalisis prediksi kehadiran Badak Sumatera hasil Maxent, terlebih dahulu dilakukan konversi format data spasial dari ASCII ke raster (grid) agar dapat di tampilkan secara baik di ArcGis, sehingga dapat dibedakan antara daerah yang sesuai dan tidak sesuai bagi Badak Sumatera. Konversi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ArcGis ekstensi *ASCII to raster*. Dalam proses konversi, output data yang diinginkan dipilih dalam tipe “*Float*” sehingga kisaran nilai rasternya antara 0 dan 1.

Model prediksi kehadiran Badak Sumatera yang sudah di konversi menjadi berformat raster dapat dilakukan analisis selanjutnya untuk dibedakan antara daerah yang sesuai dan tidak sesuai bagi Badak Sumatera. Daerah yang sesuai merupakan daerah prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS. Untuk membedakan kedua daerah tersebut dibutuhkan nilai ambang batas (*threshold*), nilai yang berada di bawah ambang batas merupakan daerah yang tidak sesuai sedangkan nilai yang berada diatas ambang batas merupakan daerah yang sesuai bagi Badak Sumatera di TNBBS. Nilai ambang batas yang digunakan dalam penelitian ini adalah ambang batas dengan nilai sensitivitas 90% (*10 percentile training presence logistic threshold*), nilai ini tersedia di salah satu output Maxent yaitu file *maxentResult* berformat CSV. Nilai ambang batas ini digunakan untuk mengurangi kesalahan

terhadap data yang digunakan. Dengan menggunakan nilai ambang batas ini berarti daerah yang sesuai bagi Badak Sumatera adalah daerah yang dinilai berdasarkan 90% dari data yang digunakan untuk membangun model prediksi. Phillips dan Dudik (2008) menyarankan menggunakan ambang batas *10 percentile training presence logistic threshold*, karena nilai ini memberikan perkiraan toleransi yang cukup tinggi dari spesies terhadap prediktornya. Model yang menggunakan nilai-nilai baku dari Maxent akan memberikan perkiraan yang tepat terhadap probabilitas kehadiran spesies (Elith dkk., 2006).

Setelah nilai ambang batas diketahui kemudian dilakukan proses reklasifikasi terhadap data prediksi kehadiran Badak Sumatera yang sudah dirubah formatnya menjadi raster. Proses reklasifikasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ArcGis ekstensi *Reclass*. Proses reklasifikasi ini akan menghasilkan 2 klasifikasi yaitu nilai yang mewakili habitat yang sesuai dan tidak sesuai bagi Badak Sumatera di TNBBS.

4.f Evaluasi Prediksi dengan Hasil Survey Lapangan

Model prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS yang sudah diberi ambang batas untuk selanjutnya di tumpang susun dengan hasil survey lapangan yang dilakukan peneliti beserta TNBBS dan mitra kerjanya (RPU-YABI, WWF Lampung dan WCS-IP). Hal ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai hasil prediksi maxent terhadap habitat Badak Sumatera di TNBBS apakah prediksi sesuai dengan kondisi sebenarnya dilapangan. Data hasil survey yang digunakan adalah data temuan Badak Sumatera di TNBBS tahun 2015 yang merupakan hasil survey TNBBS bersama mitra kerja dan data tahun 2016 hasil survey peneliti bersama TNBBS dan mitra kerja pada daerah yang di prediksi memiliki probabilitas kehadiran Badak Sumatera.

5. Analisis Struktur Lanskap

Struktur lanskap dapat dicirikan sebagai komposisi dan konfigurasi dari suatu lanskap. Komposisi berkaitan dengan karakteristik lanskap seperti proporsi, keragaman dan dominasi patch. Hal ini dapat dilihat jika klasifikasi lanskap dalam bentuk kelas. Konfigurasi berkaitan dengan distribusi spasial dari patch. Ada tiga

model struktur lanskap yaitu *Island model*, Patch-matriks-koridor dan *mosaic patch*. Model *mosaic patch* adalah model struktur lanskap yang paling sering digunakan saat ini, salah satunya adalah tutupan lahan (McGarigal dkk, 2009).

Untuk menganalisis struktur lanskap secara kuantitatif dapat dilakukan dengan menggunakan metrik lanskap. Metrik lanskap atau indeks dapat didefinisikan sebagai indeks kuantitatif untuk menggambarkan struktur dan pola lanskap (McGarigal dan Marks, 1995). Metrik lanskap dapat menganalisis struktur lanskap pada tiga tingkatan yang berbeda yaitu pertama, pada skala patch dimana metrik menghitung parameter seperti ukuran dan bentuk dari setiap patch. Kedua, skala kelas mengukur karakteristik dari kelas tertentu (hutan atau nonhutan) seperti jumlah patch untuk masing-masing kelas. Ketiga, pada skala lanskap mengukur parameter metrik untuk keseluruhan lanskap (McGarigal, 2002).

Dalam penelitian ini, model struktur lanskapnya adalah model *mosaic patch* dengan menggunakan tutupan lahan TNBBS tahun 2014. Dalam analisis struktur lanskap habitat Badak Sumatera di TNBBS, dilakukan tumpang susun antara titik kehadiran Badak Sumatera tahun 2011-2014, 2015 dan tahun 2016 dengan tutupan lahan TNBBS tahun 2014. Proses tumpang susun antara titik kehadiran dengan tutupan lahan TNBBS akan menghasilkan jenis tutupan lahan yang dipilih oleh Badak Sumatera. Proses tersebut dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ArcGis.

Untuk analisis struktur lanskap dengan menggunakan metrik lanskap, perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Patch Analyst* Versi 5.1. *Patch analyst* adalah aplikasi yang terintegrasi dengan ArcGis yang dapat melakukan analisis spasial patch lanskap dan pemodelan atribut yang terkait dengan patch. Aplikasi ini sering digunakan untuk analisis pola spasial, pemodelan habitat, konservasi keanekaragaman hayati dan pengelolaan hutan. Aplikasi ini dapat menganalisis struktur lanskap dengan menggunakan data spasial tutupan lahan dalam format vektor. Dalam penggunaan *patch analyst*, ekstensi *spatial statistics* dipilih untuk melakukan pengukuran metrik lanskap terhadap tutupan lahan TNBBS dan daerah Prediksi Kehadiran Badak Sumatera. Selanjutnya untuk tingkat analisis struktur lanskap hanya dilakukan pada skala kelas dan skala lanskap.

Hasil kuantitatif yang diperoleh dari *patch analyst* tidak semuanya digunakan dalam analisis struktur lanskap habitat Badak Sumatera di TNBBS. Menurut Walz (2011) bahwa dalam menganalisis struktur lanskap, kedalaman informasi dari data, seperti penggunaan tutupan lahan sebagai habitat bagi satwa liar perlu diketahui, sehingga tidak semua indeks lanskap akan dibahas, hanya beberapa parameter penting saja yang terkait dengan penggunaan habitat oleh Badak Sumatera di dalam kawasan TNBBS. Parameter metrik lanskap yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Class Area (CA)

Parameter Class area dapat menggambarkan luas masing-masing kelas penutupan lahan yang digunakan sebagai habitat badak sumatera di TNBBS. Badak sumatera, umumnya menempati hutan hujan tropis yang bervegetasi lebat dan hutan lumut pegunungan selain itu juga menyukai daerah pinggiran hutan dan hutan sekunder (Van Strein, 1985). Badak sumatera dapat hidup pada kisaran rentang habitat yang luas, mulai dari rawa-rawa dataran rendah hingga hutan pegunungan.

2. *Number Of Patches* (NumP)

Parameter jumlah patch suatu *class area* dapat menggambarkan besarnya jumlah patch yang dijadikan habitat bagi Badak Sumatera.

3. *Edge Density* (ED)

Parameter *Edge density* menggambarkan semakin tinggi *edge density* menjadi indikasi semakin tidak baik untuk habitat satwa yang sensitif terhadap *edge*. Bagi Badak Sumatera yang merupakan satwa *browser*, diperkirakan suka mendatangi daerah dengan kanopi rusak dengan semak-semak kecil dan terdapat tanaman merambat untuk mencari makan (Van Strien, 1985).

4. *Mean Patch Size* (MPS)

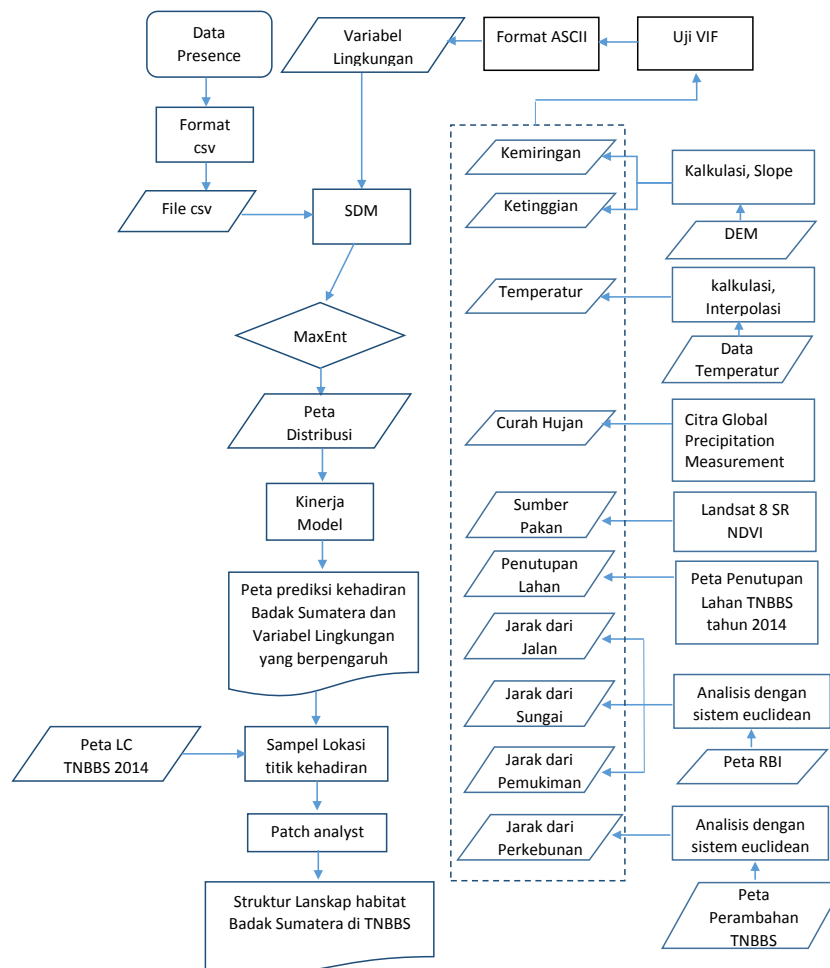
Parameter MPS menggambarkan keluasan yang cukup bagi habitat, khususnya satwaliar, karena satwa liar memerlukan luasan minimum untuk areal jelajahnya (*home range*) agar bertahan hidup. Berdasarkan daerah jelajahnya, badak sumatera dewasa jantan mempunyai *home range* yang cukup luas sekitar 20-30 km² bahkan bisa lebih sedangkan badak sumatera betina dewasa mempunyai daerah jelajah sekitar 10-15 km² (Van Strien, 1985).

5. Mean Shape Index (MSI)

Parameter MSI menggambarkan semakin tinggi nilai MSI suatu kelas penutupan lahan maka semakin kompleks bentuk-bentuk *patches*-nya dan semakin besar juga *edge*-nya. Hal ini untuk satwa-satwa yang tidak menyukai *edge* dapat berakibat buruk karena mengurangi luas habitatnya.

D. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian sebagaimana disajikan pada Gambar 18.



Gambar 18. Tahapan Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model spasial probabilitas Badak Sumatera dibangun dengan menggunakan perangkat lunak *Maximum Entropy* (Maxent) untuk memprediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS, mengidentifikasi faktor lingkungan yang berkontribusi terhadap probabilitas Badak Sumatera dan menganalisis struktur lanskap habitat Badak Sumatera di TNBBS.

Sebagaimana yang dijelaskan di dalam Bab 3, diperlukan data koordinat keberadaan Badak Sumatera dan variabel lingkungan yang di duga mempengaruhi keberadaan Badak Sumatera dalam bentuk spasial untuk memperkirakan probabilitas kehadiran Badak Sumatera di TNBBS. Sebanyak 270 titik keberadaan Badak Sumatera dan 13 variabel lingkungan yang digunakan untuk membangun model probabilitas Badak Sumatera dalam penelitian ini. Jumlah variabel lingkungan tersebut yang akan digunakan tersebut akan dikurangi menjadi 12 variabel lingkungan berdasarkan analisis multikolonieritas (lihat tabel 6. Hasil Uji Multikolonieritas pada bab 3.).

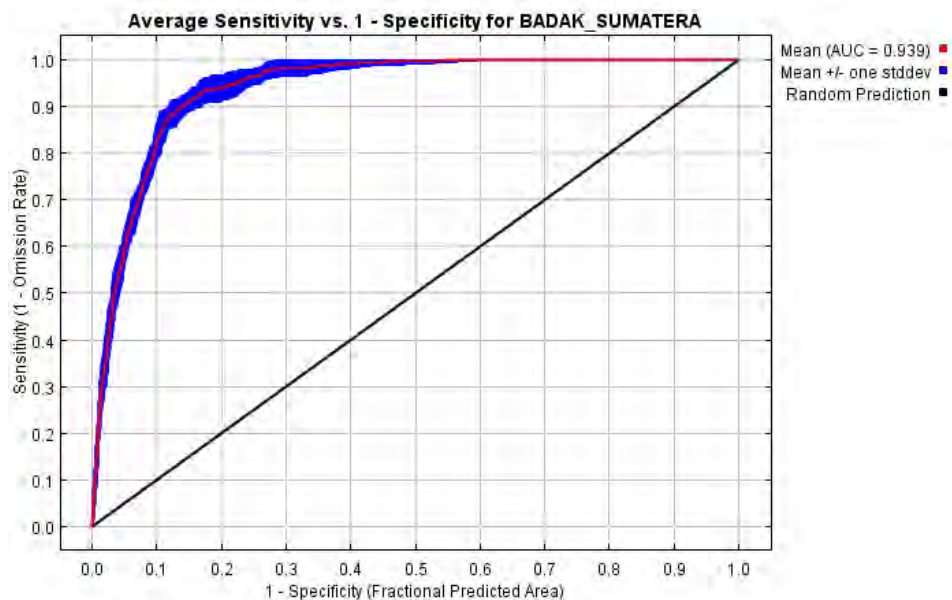
Output Maxent seperti, nilai AUC yang mewakili kinerja model, kurva respon, tabel persentase kontribusi variabel lingkungan terhadap prediksi dan model spasial prediksi kehadiran Badak Sumatera akan di bahas secara rinci dalam bab ini. Selain itu juga di lakukan analisis lanskap metrik dengan menggunakan perangkat lunak *Path Analyst* terhadap daerah yang di prediksi memiliki probabilitas kehadiran Badak Sumatera berdasarkan tutupan lahan lokasi penelitian untuk mengetahui struktur lanskapnya.

A. Kinerja dan Evaluasi Model

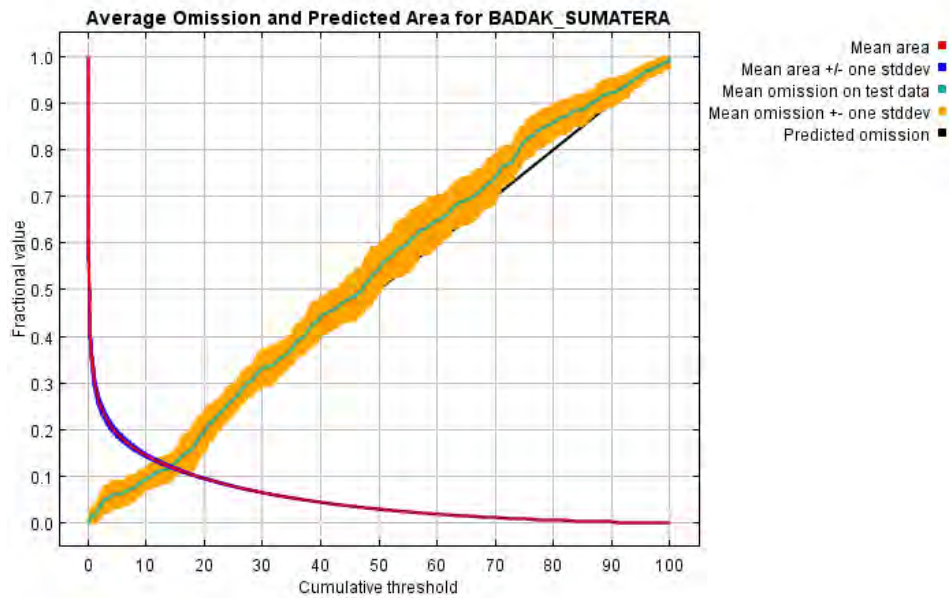
Keakuratan atau kinerja model dalam memprediksi keberadaan Badak Sumatera di TNBBS dapat di lihat dari salah satu output Maxent yaitu berupa grafik *average omission* dan *predictied area* serta grafik *sensitivity* dan *specificity*. Grafik *average omission* dan *predictied area* ini akan menunjukkan keakuratan dari model sedangkan grafik *sensitivity* dan *specificity* menunjukkan hasil evaluasi model.

Evaluasi model dalam penelitian ini menunjukkan bahwa model probabilitas kehadiran Badak Sumatera di TNBBS yang dihasilkan sangat baik. Menurut Araújo and Guisan (2006) performa model ditunjukkan dengan tingginya nilai AUC, dimana nilai 0.6-0.7 dianggap rendah, 0.7-0.8 model dianggap sedang, 0.8-0.9 model dianggap bagus dan lebih dari 0.9 menunjukkan tingkat keakuratan yang tinggi dalam mengukur *presence* dan *absence*. Nilai AUC untuk model probabilitas kehadiran Badak Sumatera di TNBBS dalam penelitian ini menunjukkan tingkat kinerja yang tinggi (AUC = 0.939) dengan standar deviasi 0.007 (Gambar 19). Garis merah menunjukkan nilai rata-rata AUC dan garis biru menunjukkan nilai rata-rata standar deviasi. Semakin dekat garis merah ke arah kiri (mendekati nilai 1) dan semakin kecil nilai standar deviasi maka semakin baik kinerja model.

Selain itu, grafik *average omission* dan *predicted area* pada penelitian ini menunjukkan adanya hubungan yang erat antara data kehadiran dan hasil prediksi. Hal ini juga membuktikan keakuratan dari model yang dihasilkan (gambar 20).



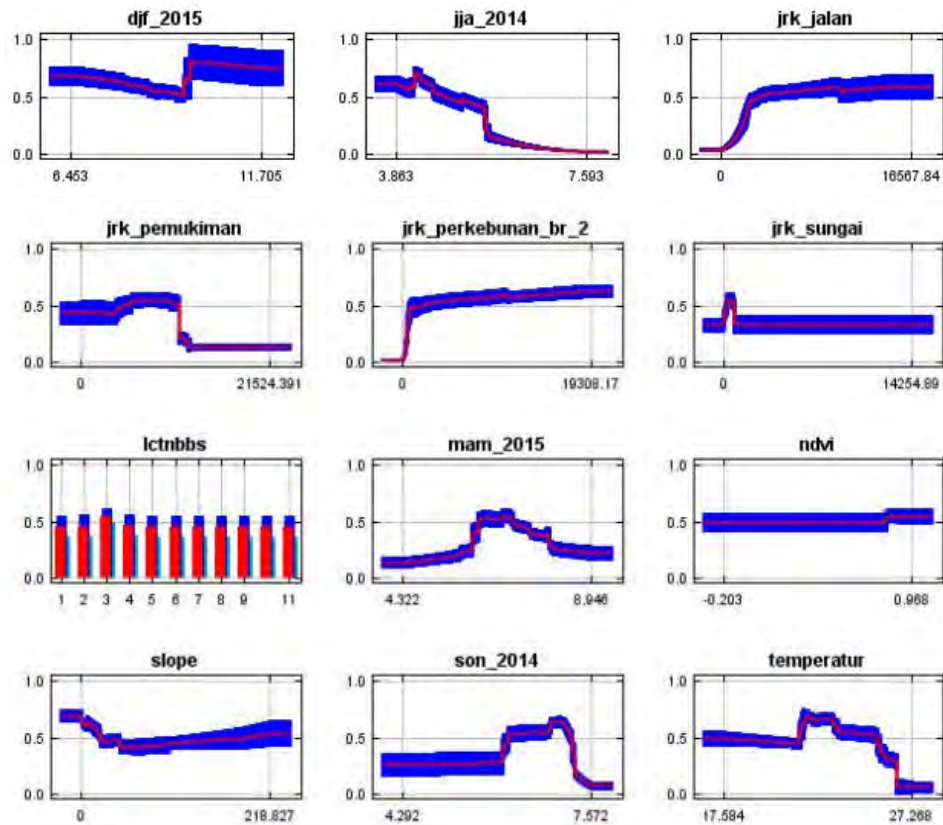
Gambar 19. Kurva *Sensitivity* dan *Specificity* Model Prediksi



Gambar 20. Kurva *Average Omission* dan *Predicted Area* Model Prediksi

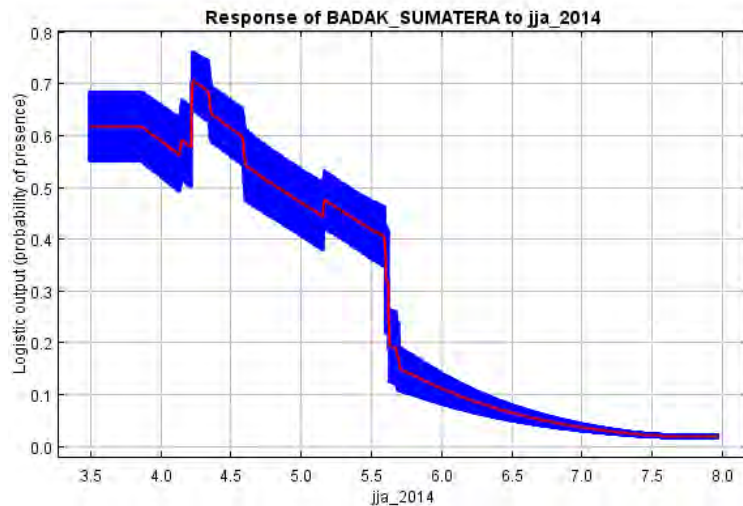
B. Kurva Respon

Hubungan antara probabilitas kehadiran Badak Sumatera dengan variabel lingkungan dapat dilihat pada kurva respon yang dihasilkan oleh Maxent. Kurva ini menunjukkan bagaimana variabel lingkungan yang sangat bervariasi mempengaruhi prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS, seperti yang ditunjukkan dalam kurva respon dari 12 variabel lingkungan (gambar 21). Pada umumnya respon keberadaan Badak Sumatera terhadap variabel lingkungan yang tidak saling berhubungan (non linier) berada diatas nilai tengah (0.5).



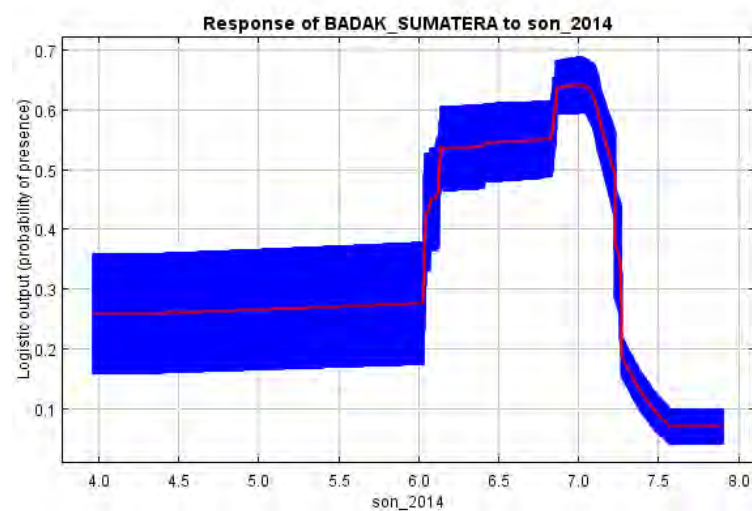
Gambar 21. Kurva Respon 12 Variabel Lingkungan

Probabilitas kehadiran Badak Sumatera terhadap variabel lingkungan curah hujan dapat dilihat pada kurva respon tersebut. Variabel lingkungan curah hujan terbagi dalam 4 variabel yaitu curah hujan pada bulan Juni-Juli-Agustus (JJA), September-Oktober-November (SON), bulan Desember-Januari-Februari (DJF) dan bulan Maret-April-Mei (MAM). Berdasarkan kurva respon, setiap variabel curah hujan tersebut memberikan informasi yang berbeda terhadap probabilitas kehadiran Badak Sumatera. Kurva respon curah hujan bulan Juni-juli-Agustus menunjukkan bahwa probabilitas kehadiran Badak Sumatera terjadi pada curah hujan rata-rata harian sekitar 4.2-4.3 mm/hari. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 22 dibawah ini.



Gambar 22. Kurva Respon Variabel Lingkungan Curah Hujan Bulan Juni-Juli-Agustus

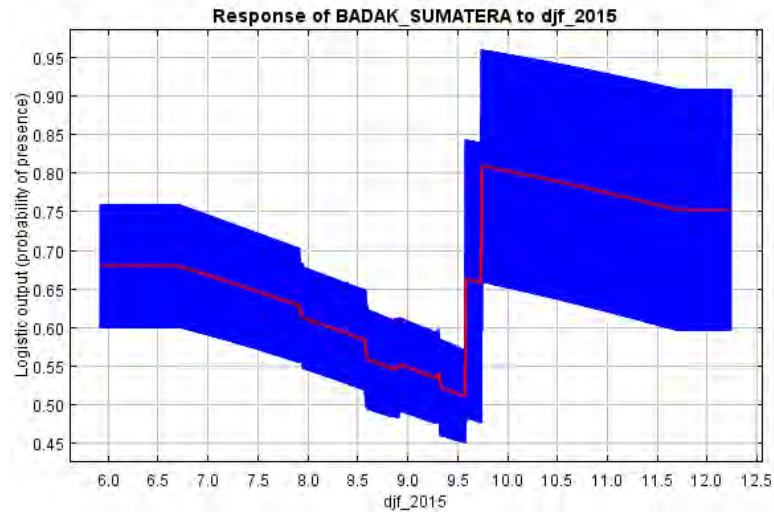
Pada curah hujan bulan September-Oktober-Nopember, probabilitas kehadiran Badak Sumatera terjadi pada curah hujan rata-rata sekitar 6.1-7.0 mm/hari. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 23 dibawah ini.



Gambar 23. Kurva Respon Variabel Lingkungan Curah Hujan Bulan September-Oktober-November

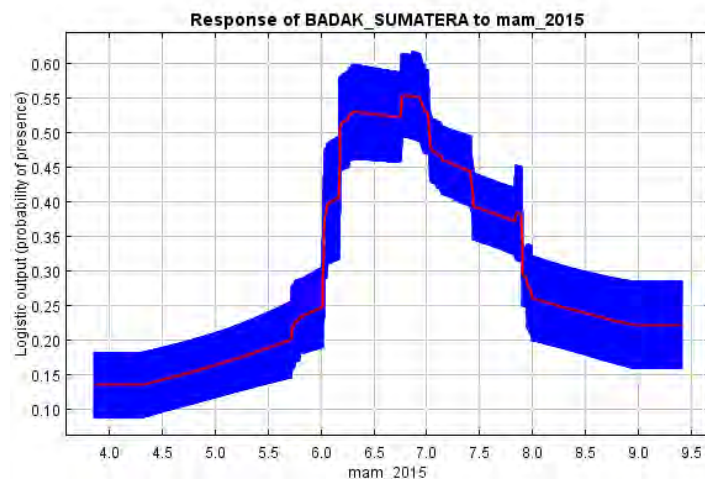
Kurva respon variabel lingkungan curah hujan bulan Desember-Januari-Februari menunjukkan bahwa probabilitas kehadiran Badak Sumatera terjadi pada

kisaran curah hujan 9.6-9.8 mm/hari. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 24 dibawah ini.



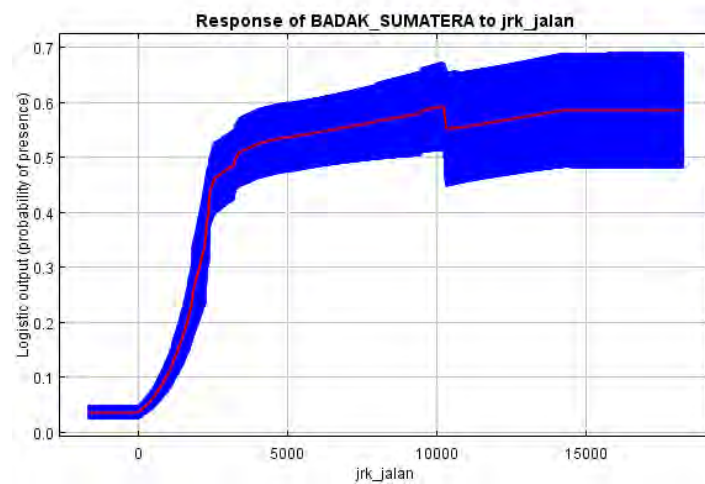
Gambar 24. Kurva Respon Variabel Lingkungan Curah Hujan Bulan Desember-Januari-Februari

Kurva respon variabel lingkungan curah hujan pada bulan Maret-April-Mei, probabilitas kehadiran Badak Sumatera terjadi pada kisaran 6.8-6.9 mm/hari. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 25 dibawah ini.



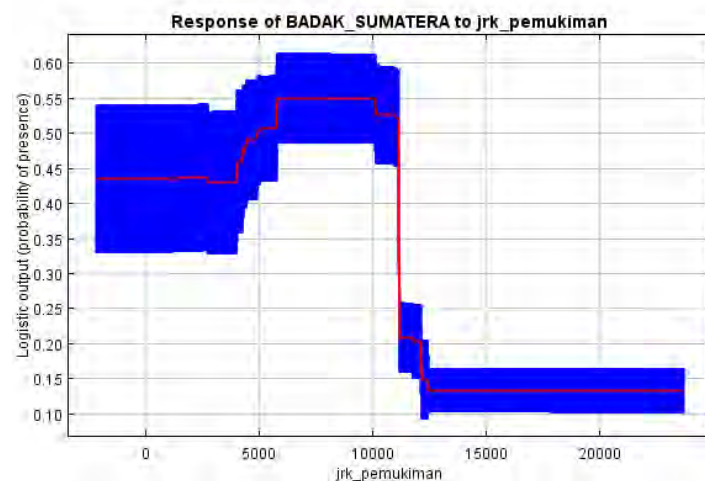
Gambar 25. Kurva Respon Variabel Lingkungan Curah Hujan Bulan Maret-April-Mei

Probabilitas kehadiran Badak Sumatera terhadap variabel lingkungan jarak dari jalan dapat dilihat pada kurva respon variabel tersebut. Dimana kurva respon menunjukkan bahwa probabilitas kehadiran Badak Sumatera terjadi pada jarak lebih dari 3.5 Km dari jalan. Probabilitas kehadiran Badak Sumatera semakin meningkat dengan semakin jauhnya dari gangguan berupa jalan (gambar 26).



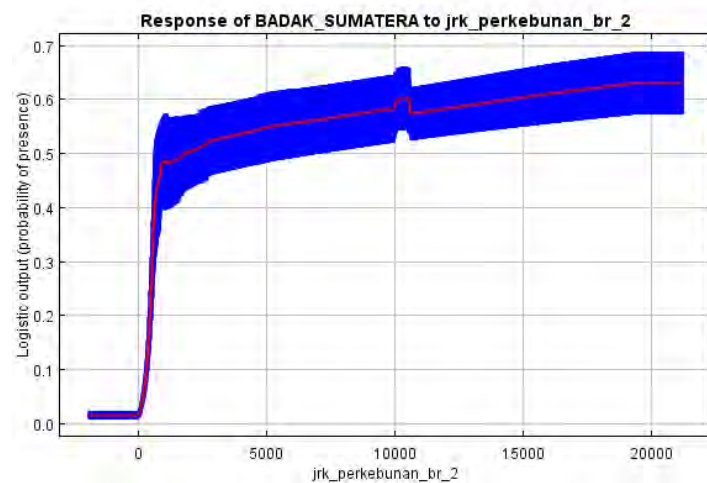
Gambar 26. Kurva Respon Variabel Lingkungan Jarak dari Jalan

Kurva respon variabel lingkungan jarak dari pemukiman menunjukkan bahwa probabilitas kehadiran Badak Sumatera terjadi pada jarak sekitar 5.5 – 10 Km dari pemukiman. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 27.



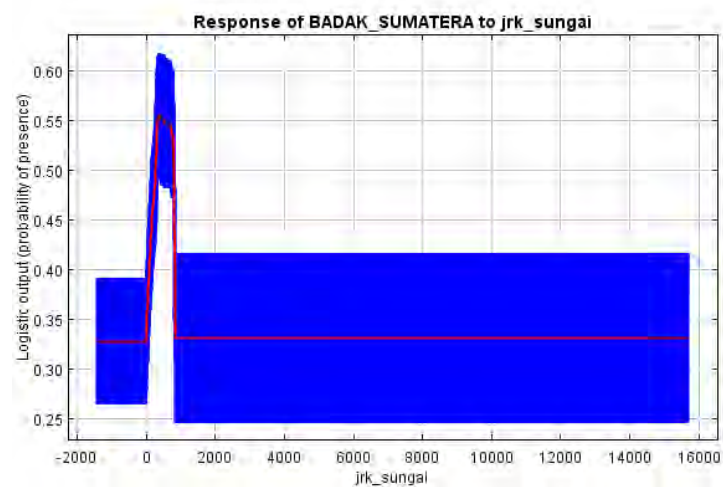
Gambar 27. Kurva Respon Variabel Lingkungan Jarak dari Pemukiman

Probabilitas kehadiran Badak Sumatera terhadap variabel lingkungan jarak dari perkebunan berdasarkan kurva respon menunjukkan bahwa probabilitas kehadiran Badak Sumatera terjadi pada jarak lebih dari 2 Km dari perkebunan. Probabilitas kehadiran Badak Sumatera semakin meningkat dengan semakin jauhnya dari gangguan berupa perkebunan ilegal dalam kawasan TNBBS (gambar 28).



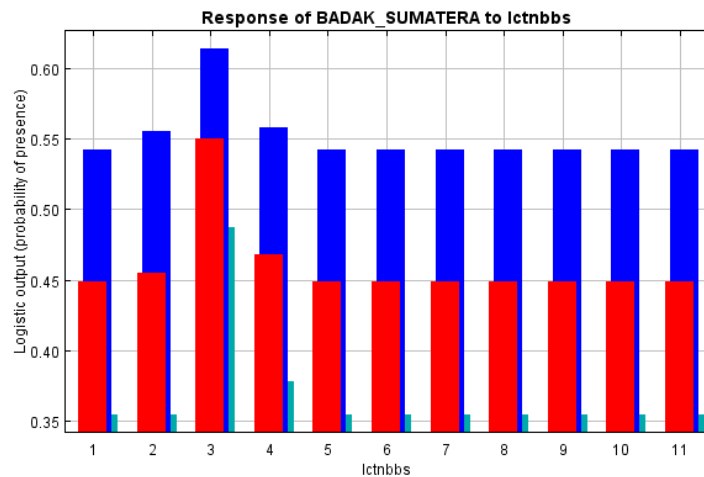
Gambar 28. Kurva Respon Variabel Lingkungan Jarak dari Perkebunan

Kurva respon variabel lingkungan jarak dari sungai menunjukkan bahwa probabilitas kehadiran Badak Sumatera terjadi pada jarak 500-1000 meter dari sungai. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 29.



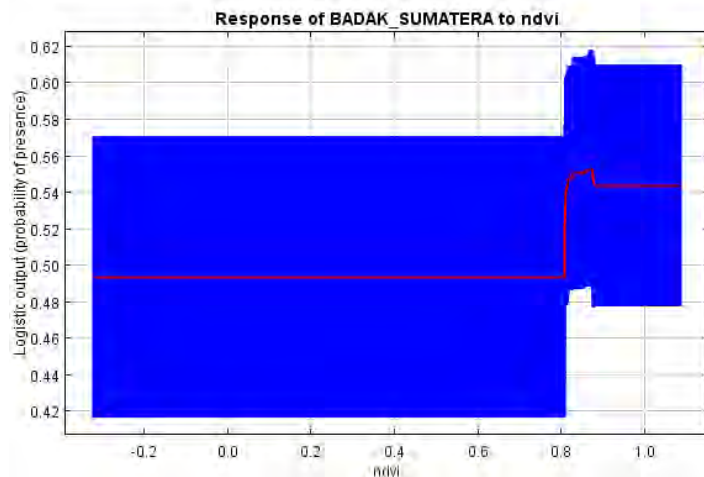
Gambar 29. Kurva Respon Variabel Lingkungan Jarak dari Sungai

Variabel lingkungan tutupan lahan TNBBS juga memberikan kontribusi dalam probabilitas kehadiran Badak Sumatera di TNBBS. Berdasarkan kurva respon variabel lingkungan tutupan lahan, jenis tutupan lahan hutan primer memberikan korelasi yang kuat terhadap kehadiran Badak Sumatera di TNBBS (gambar 30).



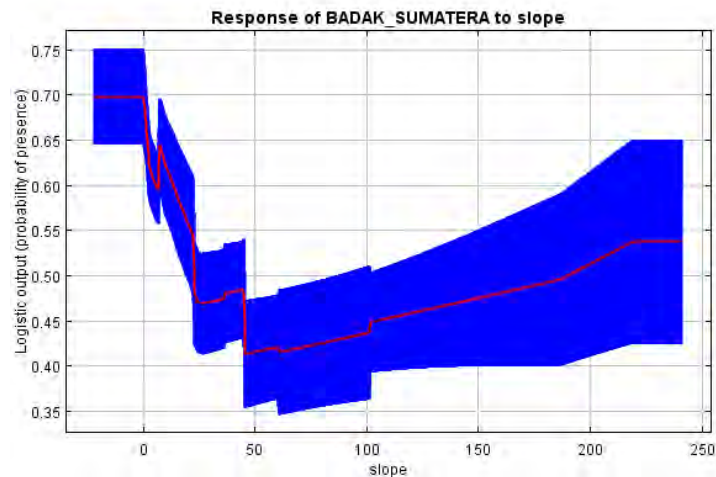
Gambar 30. Kurva Respon Variabel Lingkungan Tutupan Lahan

Untuk variabel lingkungan sumber pakan, kurva respon menunjukkan bahwa probabilitas kehadiran Badak Sumatera terjadi pada nilai indeks NDVI sekitar 0.8–0.9. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 31.



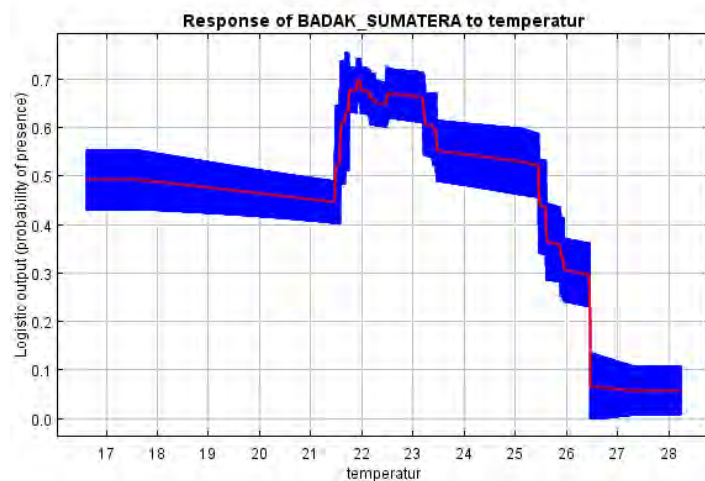
Gambar 31. Kurva Respon Variabel Lingkungan Sumber Pakan

Probabilitas kehadiran Badak Sumatera terhadap variabel lingkungan kemiringan tempat (*slope*) dapat dilihat pada kurva respon. Kurva respon menunjukkan bahwa probabilitas kehadiran Badak Sumatera terjadi pada kemiringan tempat sekitar 6-7% (gambar 32).



Gambar 32. Kurva Respon Variabel Lingkungan Kemiringan Tempat

Untuk variabel lingkungan temperatur, kurva respon menunjukkan bahwa probabilitas kehadiran Badak Sumatera terjadi pada temperatur sekitar 21.5-23 °C. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 31.



Gambar 33. Kurva Respon Variabel Lingkungan Temperatur

Jika dilihat dari ke 12 kurva respon variabel lingkungan diatas, setiap variabel lingkungan memberikan kontribusi terhadap probabilitas kehadiran Badak Sumatera. Namun Maxent sendiri nantinya akan melakukan analisis kontribusi terhadap keseluruhan variabel untuk menentukan variabel mana yang lebih memberikan kontribusi terhadap probabilitas kehadiran Badak Sumatera.

C. Analisis Kontribusi Variabel Lingkungan

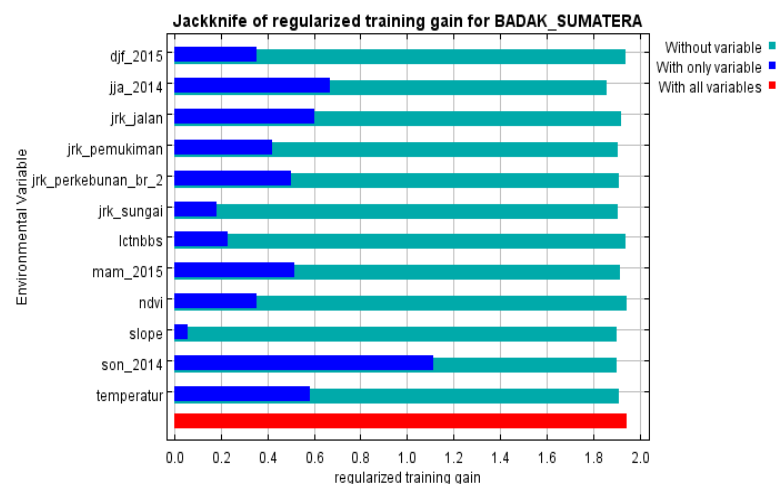
Pada analisis kontribusi variabel lingkungan, Maxent memberikan output mengenai variabel lingkungan yang dianggap penting dan memberikan kontribusi terhadap model prediksi yang dihasilkan. Ada 2 output yang dihasilkan dalam menganalisis kontribusi variabel lingkungan yaitu pertama, variabel lingkungan berdasarkan pada peringkat kontribusinya terhadap model prediksi dan kedua, variabel lingkungan yang dianggap penting berdasarkan pada hasil uji *jackknife*.

Berdasarkan hasil analisis kontribusi terhadap 12 variabel lingkungan yang digunakan dalam membangun model prediksi kehadiran Badak Sumatera (tabel 8), curah hujan bulan September-Oktober-Nopember (SON) memiliki kontribusi tertinggi yaitu sebesar 42% kemudian diikuti oleh curah hujan bulan Juni-Juli-Agustus (JJA) sebesar 19.4%. Jarak dari jalan memberikan kontribusi ketiga sebesar 11.7% kemudian diikuti oleh jarak dari perkebunan, temperatur, jarak dari pemukiman dan curah hujan bulan Maret-April-Mei (MAM) (5.6%, 5.5%, 4.9% dan 4 %). Variabel lingkungan kemiringan tempat dan tutupan lahan TNBBS hanya memberikan kontribusi sebesar 2.5% dan 2.2%. Kontribusi relatif kecil diberikan oleh variabel lingkungan sumber pakan dan curah hujan bulan Desember-Januari-Februari yaitu sebesar 0.1 % dan 0.2 %.

Tabel 8. Kontribusi Variabel Lingkungan Berdasarkan Pada Peringkat

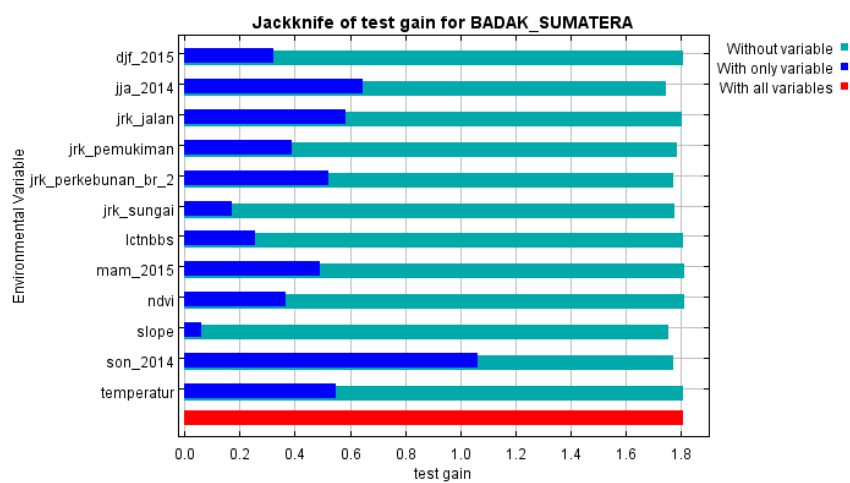
Variabel	Kontribusi (%)	Variabel	Kontribusi (%)
Curah Hujan Bulan SON	42	Curah Hujan Bulan MAM	4
Curah Hujan Bulan JJA	19.4	Kemiringan tempat	2.5
Jarak dari jalan	11.7	Tutupan Lahan	2.2
Jarak dari Perkebunan	5.6	Jarak dari sungai	1.9
Temperatur	5.5	Curah Hujan Bulan DJF	0.2
Jarak dari pemukiman	4.9	Sumber Pakan	0.1

Hasil uji *jackknife* pada Maxent terdapat dalam tiga bagian yaitu pada *training gain*, *test gain* dan *AUC*. Hasil uji *jackknife* pada *training gain* menunjukkan variabel lingkungan yang berpengaruh baik secara individual maupun tanpa variabel. Uji ini dilakukan pada *training data* yang digunakan untuk membangun model prediksi. Hasil uji *jackknife* pada *training gain* dapat dilihat pada gambar 34.



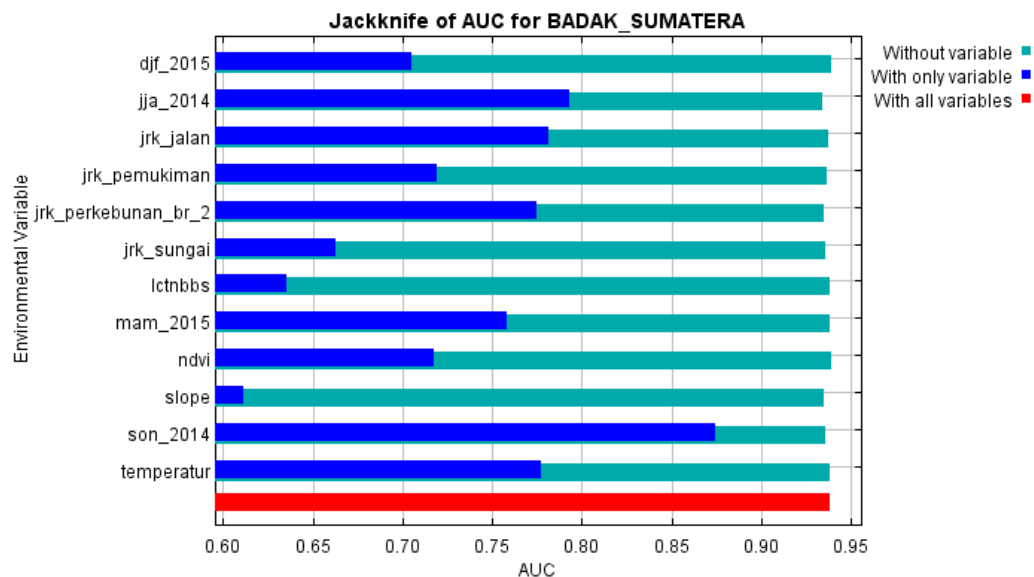
Gambar 34. Hasil Uji *Jackknife* pada *Training Gain*

Uji *jackknife* pada *test gain* juga menunjukkan variabel lingkungan yang berpengaruh baik secara individual maupun tanpa variabel. Namun uji ini dilakukan pada data yang digunakan untuk menguji model prediksi. Hasil uji *jackknife* pada *test gain* dapat dilihat pada gambar 35.



Gambar 35. Hasil Uji *Jackknife* pada *Test Gain*

Hasil uji *jackknife* pada *AUC* menunjukkan variabel lingkungan yang berpengaruh baik secara individual maupun tanpa variabel. Uji ini dilakukan terhadap kinerja model yang digunakan dalam mengevaluasi model prediksi. Hasil uji *jackknife* pada *AUC* dapat dilihat pada gambar 36.

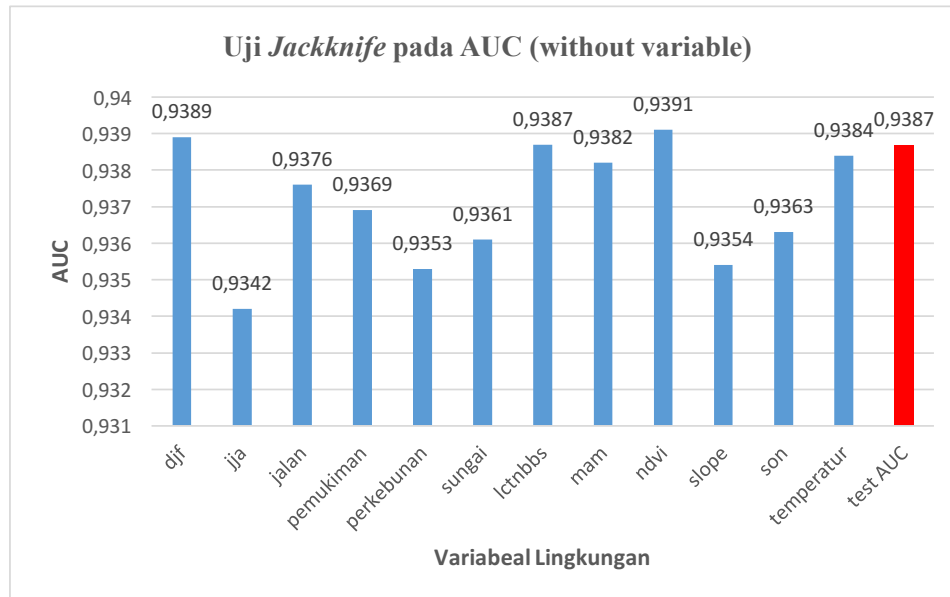


Gambar 36. Hasil uji *jackknife* pada *AUC*

Berdasarkan pada hasil uji *jackknife* pada *training gain*, *test gain* dan *AUC* (gambar 34, 35 dan 36) menunjukkan bahwa variabel lingkungan curah hujan bulan September-Oktober-Nopember adalah variabel lingkungan yang akan memberikan nilai tertinggi baik pada *training gain*, *test gain* dan *AUC*. Hal ini membuat variabel lingkungan curah hujan bulan September-Oktober-Nopember merupakan variabel yang efektif dalam model prediksi kehadiran Badak Sumatera jika hanya menggunakan satu variabel saja. Namun jika seluruh variabel lingkungan digunakan dalam model prediksi kehadiran Badak Sumatera kemudian variabel lingkungan curah hujan bulan Juni-Juli-Agustus diabaikan maka nilai *training gain*, *test gain* dan *AUC* pada model tersebut akan menurun. Beda halnya jika variabel lingkungan curah hujan bulan September-Oktober-Nopember diabaikan, juga mengalami penurunan nilai *AUC* tetapi tidak sebesar penurunan yang terjadi jika mengabaikan variabel lingkungan curah hujan bulan Juni-Juli-Agustus. Hal ini membuat variabel lingkungan curah hujan bulan Juni-Juli-Agustus merupakan

salah satu variabel penting dalam model prediksi kehadiran Badak Sumatera jika beberapa variabel lingkungan lainnya di gunakan dalam model prediksi.

Hasil uji *jackknife* pada AUC (gambar 36 dan 37) menunjukkan bahwa ada beberapa variabel lingkungan yaitu sumber pakan (NDVI), tutupan lahan dan curah hujan bulan Desember-Januari-Februari yang jika diabaikan dalam model prediksi kehadiran Badak Sumatera tidak membuat nilai AUC model tersebut menjadi turun, jika dibandingkan dengan nilai AUC pada model prediksi dengan menggunakan 12 variabel lingkungan yang tersedia. Hal ini mengindikasikan bahwa variabel lingkungan tersebut bukan merupakan variabel yang mempengaruhi model prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS. Beberapa variabel lingkungan lainnya yang jika diabaikan akan menurunkan nilai AUC adalah variabel lingkungan jarak dari perkebunan, kemiringan tempat, jarak dari sungai, curah hujan bulan September-Oktober-Nopember, jarak dari pemukiman dan jarak dari jalan. Namun penurunan nilai AUC tersebut tidak sebesar jika mengabaikan variabel lingkungan curah hujan bulan Juni-juli-Agustus (gambar 37).



Gambar 37. Hasil Uji *Jackknife* pada AUC Tanpa Variabeal

Berdasarkan tabel kontribusi variabel lingkungan dan hasil uji *jackknife*, terlihat pada variabel lingkungan curah hujan bulan Desember-Januari-Februari, variabel lingkungan sumber pakan (NDVI) dan tutupan lahan memiliki kontribusi

yang kecil terhadap model dan hal tersebut juga berkorelasi dengan hasil uji *jackknife* pada AUC tanpa variabel, dimana variabel tersebut tidak menurunkan nilai AUC jika di hilangkan dalam model. Hal ini menunjukkan bahwa variabel lingkungan tersebut dalam model ini tidak dapat memberikan informasi keberadaan Badak Sumatera di TNBBS secara baik. Hal tersebut lebih disebabkan karena unsur matematis dalam pemodelan ini, dimana pada kontribusi variabel lingkungan berdasarkan pada peringkat menunjukkan pengaruh antar variabel dan pada uji *jackknife* menunjukkan ketepatan variabel pada model untuk memprediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS dalam bentuk nilai AUC sehingga dapat diduga variabel lingkungan curah hujan bulan Desember-Januari-Februari, variabel lingkungan sumber pakan (NDVI) dan tutupan lahan dalam pemodelan ini tidak menunjukkan adanya pengaruh dengan variabel lain dan tidak dapat dengan tepat memprediksi keberadaan Badak Sumatera di TNBBS, hal tersebut dapat dilihat dari tidak berpengaruhnya nilai AUC jika variabel lingkungan tersebut dihilangkan dalam model. Namun secara ekologis, variabel-variabel lingkungan ini tetap berpengaruh terhadap kehadiran Badak Sumatera di TNBBS. Dimana variabel sumber pakan dalam hal ini NDVI dan tutupan lahan merupakan representasi kebutuhan Badak Sumatera akan tempat mencari makan dan tempat perlindungan sedangkan variabel lingkungan curah hujan bulan Desember-Januari-Februari merupakan representasi pengaruh iklim dan kebutuhan air bagi Badak Sumatera.

Variabel lingkungan curah hujan bulan Juni-Juli-Agustus dan curah hujan bulan September-Oktober-Nopember merupakan variabel yang memberikan kontribusi yang besar terhadap model dan juga berkorelasi dengan hasil uji *jackknife* pada AUC tanpa variabel, dimana variabel tersebut akan menurunkan nilai AUC jika di hilangkan dalam model. Hal ini menunjukkan bahwa titik kehadiran Badak Sumatera yang digunakan dalam membangun model cukup memberikan informasi yang kuat dalam memprediksi kehadiran Badak Sumatera sehingga apabila variabel ini dihilangkan akan menurunkan nilai kinerja modelnya. Penurunan nilai AUC dapat dilihat dari hasil uji *jackknife* pada AUC tanpa variabel (gambar 37). Namun beberapa variabel lingkungan lainnya menunjukkan hal yang berbeda dimana dalam model memberikan kontribusi yang sedikit tetapi pada uji

jackknife, variabel tersebut cukup berpengaruh terhadap kinerja model walaupun penurunannya tidak terlalu signifikan jika variabel tersebut di hilangkan dalam model. Salah satu contohnya variabel lingkungan jarak dari sungai, variabel tersebut hanya memberikan 1.9 % kontribusinya terhadap model namun jika dihilangkan dari model maka nilai AUC berdasarkan uji *jackknife* turun menjadi 0.9361 (gambar 37) jika dibandingkan dengan nilai test AUC dari model prediksi ini (0.9387). Hal ini menunjukkan bahwa walaupun variabel lingkungan jarak dari sungai memberikan kontribusi sedikit namun variabel tersebut dapat memberikan informasi terhadap kehadiran Badak Sumatera dengan baik, terlihat dari nilai AUC yang dihasilkan.

D. Variabel Lingkungan yang Berkontribusi Terhadap Kehadiran Badak Sumatera di TNBBS

Berdasarkan hasil analisis kontribusi variabel lingkungan diatas dan dikaitkan dengan hasil analisis kurva respon, seperti yang sudah dibahas sebelumnya bahwa curah hujan September-Oktober-Nopember adalah variabel lingkungan yang paling efektif jika hanya digunakan satu variabel saja dalam memprediksi kehadiran Badak Sumatera yaitu dengan nilai AUC sebesar 0.87. Nilai tersebut dalam klasifikasi AUC oleh Araújo and Guisan (2006), merupakan model dengan kategori kinerja bagus. Jika dilihat dari hasil kurva respon variabel lingkungan curah hujan bulan September-Oktober-Nopember, kehadiran Badak Sumatera di TNBBS di pengaruhi oleh curah hujan dengan kisaran sekitar 6-7 mm/hari.

Namun jika dilihat kembali pada gambar 36 dan 37 diatas, nilai AUC yang merupakan salah satu indikator kinerja model, akan meningkat nilainya jika beberapa variabel lingkungan digunakan dalam prediksi kehadiran Badak Sumatera. Variabel-variabel lingkungan tersebut adalah curah hujan bulan Juni-Juli-Agustus, jarak dari perkebunan, kemiringan tempat, jarak dari sungai, curah hujan bulan September-Oktober-Nopember, jarak dari pemukiman, jarak dari jalan, curah hujan bulan Maret-April-Mei dan temperatur. Nilai AUC yang diperoleh adalah sebesar 0.939. Nilai tersebut dalam klasifikasi AUC oleh Araújo and Guisan (2006), merupakan model dengan kategori kinerja sangat bagus. Berdasarkan hal

tersebut maka dari 12 variabel lingkungan yang digunakan untuk membangun prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS terdapat 9 variabel lingkungan yang berpengaruh terhadap prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS dengan jenis variabel yang sudah disebutkan diatas.

Variabel-variabel lingkungan yang berpengaruh tersebut berdasarkan kurva respon memiliki nilai dalam memberikan kontribusi terhadap prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS. Nilai setiap variabel lingkungan berdasarkan kurva respon yang sudah dibahas sebelumnya dapat dilihat secara ringkas pada tabel 9 berikut ini.

Tabel 9. Nilai Setiap Variabel Lingkungan Terhadap Kehadiran Badak Sumatera

Variabel Lingkungan	Nilai Kurva Respon
CH bulan Maret-April-Mei	6.8-6.9 mm/hari
CH bulan Juni-Juli-Agustus	4.2- 4.3 mm/hari
CH bulan September-Oktober-Nopember	6.1-7.0 mm/hari
Jarak dari sungai	500-1,000 meter
Jarak dari Perkebunan	> 2 km
Jarak dari Pemukiman	5.5 – 10 km
Jarak dari jalan	> 3.5 km
Kemiringan tempat	6-7 %
Temperatur	21.5-23 °C

Berdasarkan tabel 9, dapat dilihat bahwa keberadaan Badak Sumatera di TNBBS di pengaruhi oleh salah satu variabel lingkungan curah hujan dengan kisaran antara 4.2 – 7 mm/hari. Hal tersebut mengindikasikan bahwa Badak Sumatera sangat membutuhkan sumber daya air untuk proses pencernaan makanan dan untuk berkubang (Alikodra, 2002; Rahmat, 2007). Selain itu, curah hujan juga mempengaruhi distribusi Badak Sumatera, dapat dilihat pada kisaran curah hujan diatas, dimana Badak Sumatera dapat berada pada daerah yang memiliki curah hujan dengan rentang yang cukup besar artinya Badak Sumatera dapat berada pada saat curah hujan sedikit atau pada saat musim kemarau (4.2 mm/hari) dan pada saat memasuki musim penghujan dengan curah hujan yang tinggi (7 mm/hari) (Van

Strien, 1974). Arief (2005) mengatakan bahwa pada saat musim kemarau Badak Sumatera di Taman Nasional Way Kambas berada di lokasi yang memiliki genangan air yang permanen. Ada kemungkinan pada saat curah hujan rendah, Badak Sumatera di TNBBS bergerak ke daerah yang memiliki sumber air permanen salah satunya adalah sungai. Jarak dari sungai merupakan salah satu variabel lingkungan yang juga berpengaruh terhadap kehadiran Badak Sumatera di TNBBS. Tabel 9 diatas menunjukkan bahwa probabilitas kehadiran Badak Sumatera terjadi pada jarak 500-1,000 meter dari sungai. Hal ini mengindikasikan bahwa Badak Sumatera tidak berada jauh dari sungai yang menjadi salah satu sumber air baik pada saat musim kemarau maupun musim penghujan.

Pengaruh gangguan berupa aktivitas manusia terhadap distribusi Badak Sumatera juga merupakan variabel lingkungan yang mempengaruhi prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS. Tabel 9 diatas menunjukkan bahwa probabilitas kehadiran Badak Sumatera di TNBBS terjadi pada jarak lebih dari 2 Km baik jarak dari perkebunan, jalan maupun pemukiman. Hal ini mengindikasikan bahwa Badak Sumatera merupakan satwa yang cenderung menghindari adanya gangguan berupa aktivitas manusia berupa perkebunan illegal, jalan dan pemukiman. Hal yang sama juga dijelaskan oleh Griffiths dan Schaik (1993) dimana Badak Sumatera cenderung menghindari jalan, sedangkan menurut penelitian Arief (2005) perambahan dan pemukiman merupakan faktor yang menekan pergerakan Badak Sumatera di TNWK.

Probabilitas kehadiran Badak Sumatera berdasarkan kemiringan tempat berada pada kisaran 6-8%. Hal tersebut menunjukkan bahwa Badak Sumatera tidak menyukai daerah-daerah yang memiliki tingkat kelerengan yang tinggi. Berdasarkan penelitian Putra (2014) Badak Sumatera di Kapi, kawasan ekosistem Leuser keberadaannya banyak ditemukan pada kelerengan dibawah 40% dan menurut Muntasib (2002) dan Rahmat (2007) menyatakan bahwa Badak Jawa cenderung menyukai daerah dengan tingkat kelerengan rendah sampai dengan agak curam. Untuk daerah curam, Badak Sumatera akan mendatangi daerah tersebut dengan cara mengikuti kontur, tidak dengan memotong kontur (Van Strien, 1974). Badak Sumatera menyukai daerah ini karena hanya sedikit energi yang dibutuhkan

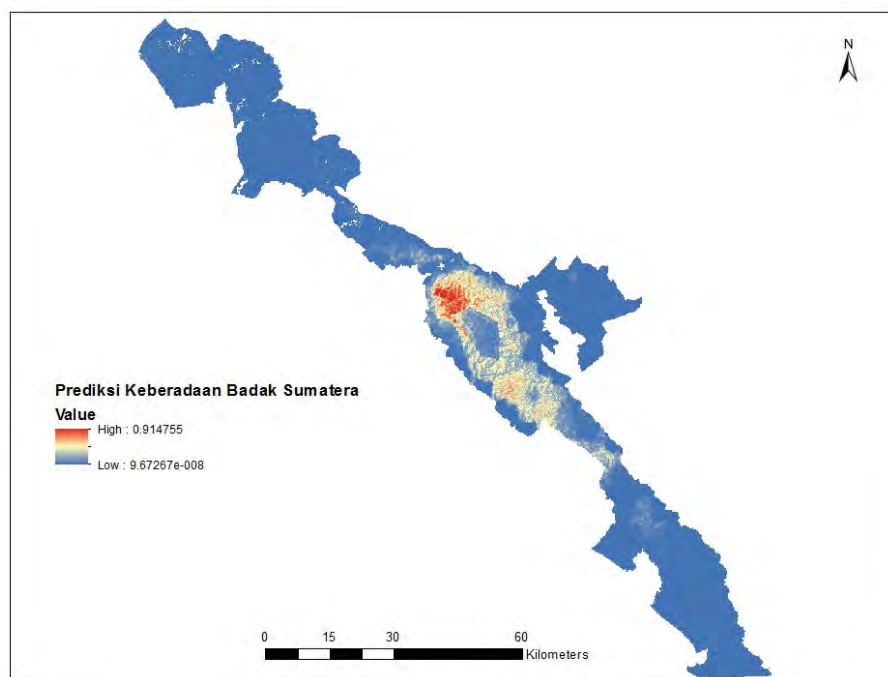
untuk mendapatkan sumber daya berupa pakan, air dan tempat berkubang dibanding dengan daerah yang memiliki tingkat kelerengan yang tinggi.

Variabel lingkungan temperatur memberikan informasi bahwa probabilitas kehadiran Badak Sumatera di TNBBS berada pada kisaran temperatur 21.5-23 ° C. Hal ini menunjukkan bahwa Badak Sumatera menyukai daerah yang berkondisi dingin. Aktivitas lain yang menunjukkan Badak Sumatera menyukai kondisi dingin yaitu melakukan aktifitas berkubang, dimana salah satu fungsi dari berkubang yaitu mendinginkan suhu tubuhnya. Selain itu, Badak Sumatera juga senang berada di daerah yang bervegetasi lebat karena selain sumber makanan yang tersedia, vegetasi lebat juga dapat melindungi Badak Sumatera dari sengatan sinar matahari secara langsung. Badak Sumatera menyukai daerah dingin karena dengan kondisi tersebut Badak Sumatera akan lebih banyak melakukan penjelajahan untuk mencari makan dibanding dengan kondisi panas, Badak Sumatera akan lebih banyak menghabiskan waktunya untuk berkubang. Badak Sumatera lebih banyak menghabiskan waktu siang hari dengan melakukan aktifitas berkubang dan pada saat malam hari dimana suhu udara mulai turun, aktifitas mencari makan baru dimulai (Nowak, 1991).

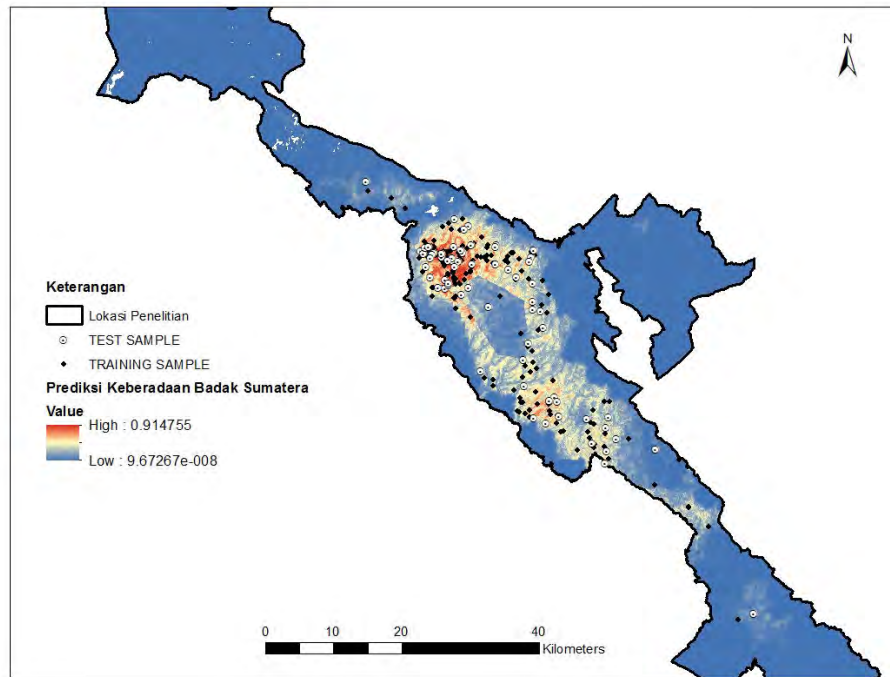
Berdasarkan variabel-variabel lingkungan yang berpengaruh terhadap kehadiran Badak Sumatera diatas, Badak Sumatera di TNBBS memilih daerah dengan kisaran curah hujan 4-7 mm/hari, relatif dekat dengan sungai, jauh dari segala aktivitas manusia, memiliki areal yang relatif datar dan memiliki kondisi yang dingin sebagai habitatnya. Pemilihan ini dilakukan Badak Sumatera dalam rangka mendapatkan sumber daya berupa pakan, air dan tempat berlindung secara optimal dengan meminimalkan resiko dan energi yang harus dikeluarkan. Hal ini sejalan dengan teori optimalisasi yang menunjukkan bahwa setiap spesies akan meningkatkan *fitness*-nya dengan cara menjaga keseimbangan antara biaya fisiologis dan resiko predasi dalam rangka mendapatkan sumberdayanya (MacArthur & Pianka, 1966).

E. Prediksi Kehadiran Badak Sumatera

Berdasarkan nilai AUC yang mewakili kinerja model, kurva respon dan analisis kontribusi variabel lingkungan terhadap model prediksi Maxent, maka dapat digambarkan secara spasial prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS (Gambar 38). Model spasial prediksi kehadiran Badak Sumatera menunjukkan adanya gradasi warna, dimana gradasi warna tersebut memiliki informasi mengenai prediksi kehadiran Badak Sumatera di TNBBS. Gradasi warna memiliki rentang nilai prediksi antara $9.67e-008$ – 0.914 , hal tersebut menunjukkan probabilitas kehadiran Badak Sumatera. Semakin rendah nilai prediksi maka semakin rendah probabilitas Kehadiran Badak Sumatera di TNBBS. Keterwakilan rendahnya probabilitas kehadiran Badak Sumatera digambarkan melalui gradasi warna biru dengan nilai minimal sebesar $9.67e-008$. Sebaliknya, Semakin tinggi nilai prediksi maka semakin tinggi probabilitas Kehadiran Badak Sumatera di TNBBS. Keterwakilan tingginya probabilitas kehadiran Badak Sumatera digambarkan melalui gradasi warna merah dengan nilai maksimal sebesar 0.915 .



Gambar 38. Prediksi Hasil Maxent

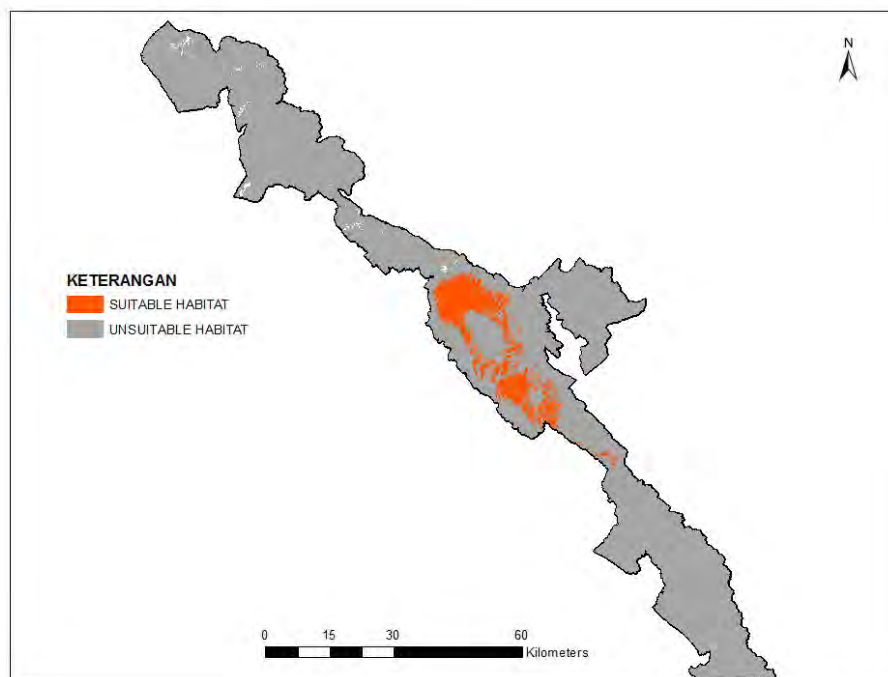


Gambar 39. Prediksi Hasil Maxent dengan Titik Kehadiran

Gambar 39 merupakan prediksi kehadiran Badak Sumatera yang berisi informasi berupa titik koordinat keberadaan Badak Sumatera yang digunakan Maxent untuk membangun model prediksi. Dalam penelitian ini, untuk membangun model prediksi ditetapkan 75 % dari total titik kehadiran Badak Sumatera untuk membangun model (*training sample*) dan 25 % dari total titik kehadiran Badak Sumatera untuk pengujian model (*test sample*). Berdasarkan gambar 39, sebanyak 203 titik kehadiran digunakan untuk membuat model prediksi dan 67 titik kehadiran digunakan untuk pengujian model. Adanya 67 titik kehadiran untuk pengujian, diharapkan dapat menghasilkan model dengan tingkat akurasi 90%. Hal tersebut dapat dilihat dari banyaknya jumlah titik kehadiran pengujian yang berada di daerah yang dianggap sesuai bagi Badak Sumatera. Selain itu, model ini juga dibuat dengan 10 pengulangan dimana setiap ulangan menggunakan titik kehadiran yang berbeda-beda secara acak untuk membangun dan menguji model. Hal ini juga

menunjukkan bahwa model prediksi yang dibuat untuk mengevaluasi daerah yang sesuai dan tidak sesuai bagi Badak Sumatera di TNBBS telah dibuat dengan menggunakan sampel titik kehadiran yang cukup akurat baik untuk membangun dan menguji model.

Gambar 40 merupakan model prediksi kehadiran Badak Sumatera hasil maxent yang sudah diberikan ambang batas (*threshold*) sehingga dapat dibedakan habitat yang sesuai dan tidak sesuai bagi keberadaan Badak Sumatera di TNBBS. Ambang batas (*Threshold*) yang digunakan dalam menentukan habitat yang sesuai dan tidak sesuai adalah ambang batas yang ditetapkan oleh maxent (*10 percentile training presence logistic threshold*) yaitu sebesar 0.2857. Berdasarkan model prediksi yang telah diberikan ambang batas tersebut dapat diketahui bahwa daerah yang sesuai bagi keberadaan Badak Sumatera berada di bagian tengah kawasan konservasi TNBBS dengan luas sebesar 25,940.80 Ha atau hanya 8.28 % dari kawasan TNBBS.



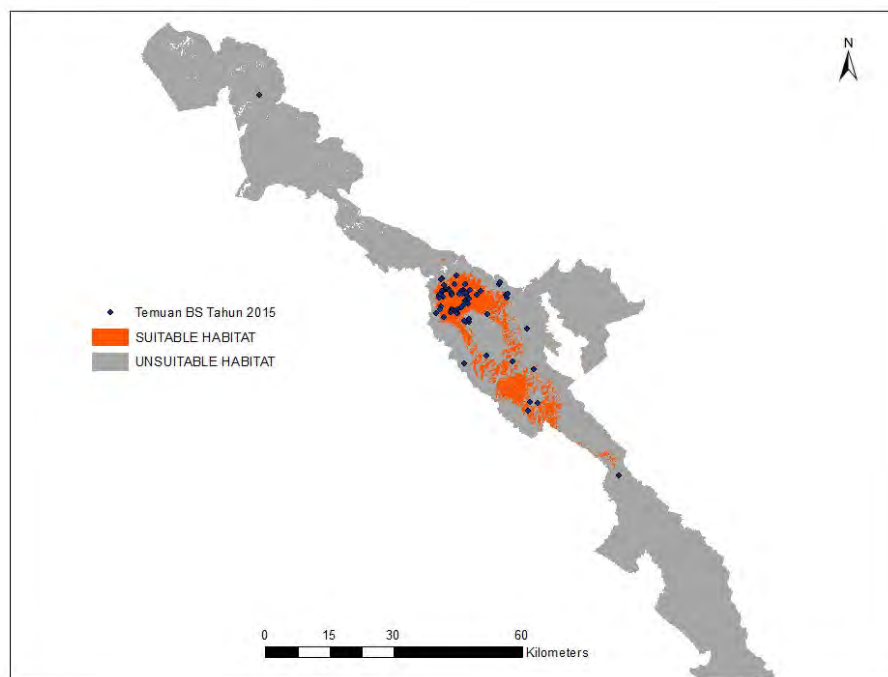
Gambar 40. Kesesuaian Habitat Badak Sumatera di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan

Berdasarkan daerah kesesuaian habitat diatas dapat dikatakan bahwa daerah yang sesuai (*suitable habitat*) bagi Badak Sumatera di TNBBS merupakan daerah yang dapat memenuhi kebutuhan akan sumber daya pakan, air dan tempat berlindung berdasarkan faktor-faktor lingkungan yang secara signifikan menentukan kesesuaian habitatnya. Untuk daerah yang tidak memiliki kisaran curah hujan 4-7 mm/hari, relatif jauh dengan sungai, dekat dari segala aktivitas manusia, memiliki areal yang curam dan memiliki kondisi yang panas maka daerah tersebut makin tidak sesuai (*unsuitable habitat*) bagi Badak Sumatera di TNBBS.

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

F. Evaluasi Hasil Prediksi dengan Hasil Survei Lapangan

Survei lapangan pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah hasil prediksi sesuai dengan kondisi di lapangan. Gambar 41 menunjukkan perbandingan hasil prediksi dengan data temuan Badak Sumatera pada tahun 2015 yang merupakan hasil survei TNBBS dengan mitra kerja (RPU-YABI, WWF dan WCS). Survey TNBBS dengan mitra kerja (RPU-YABI, WWF dan WCS) ini dilakukan secara independen dalam artian tidak terkait dengan hasil penelitian ini, dimana survey dilakukan hampir di seluruh kawasan TNBBS dengan teknik patroli sambil mencari jejak keberadaan Badak Sumatera di TNBBS.



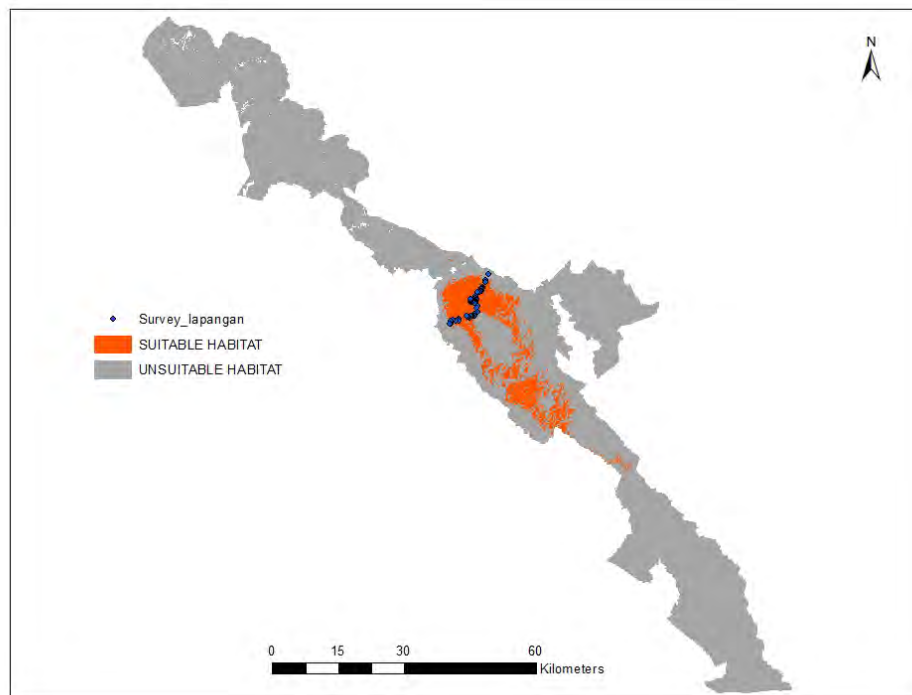
Gambar 41. Tumpang Susun antara Data Temuan Jejak Badak Sumatera Tahun 2015 dengan daerah kesesuaian habitat Badak Sumatera di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa sebanyak 79 temuan Badak Sumatera berupa jejak tapak dan kotoran pada tahun 2015 di TNBBS, sebanyak 60 temuan (76%) berada di dalam lokasi prediksi kehadiran Badak Sumatera dengan

menggunakan Maxent. Hal ini mengindikasikan bahwa prediksi kehadiran Badak Sumatera hasil Maxent memiliki kinerja model yang cukup baik dengan menunjukkan tingkat keakuratan dalam mengukur *presence* dan *absence* sesuai dengan evaluasi model yang dilakukan Maxent sendiri.

Selain evaluasi model prediksi dengan data temuan Badak Sumatera tahun 2015, evaluasi juga dilakukan dengan menggunakan data survey yang dilakukan oleh TNBBS, mitra kerja (WWF dan YABI) dan peneliti pada Oktober 2015 dan Februari 2016. Survey ini dilakukan di lokasi monitoring Badak Sumatera yang ditetapkan oleh TNBBS dan mitra kerja dengan memasang kamera trap sebanyak 36 unit sekaligus mencatat temuan jejak keberadaan Badak Sumatera di lapangan.

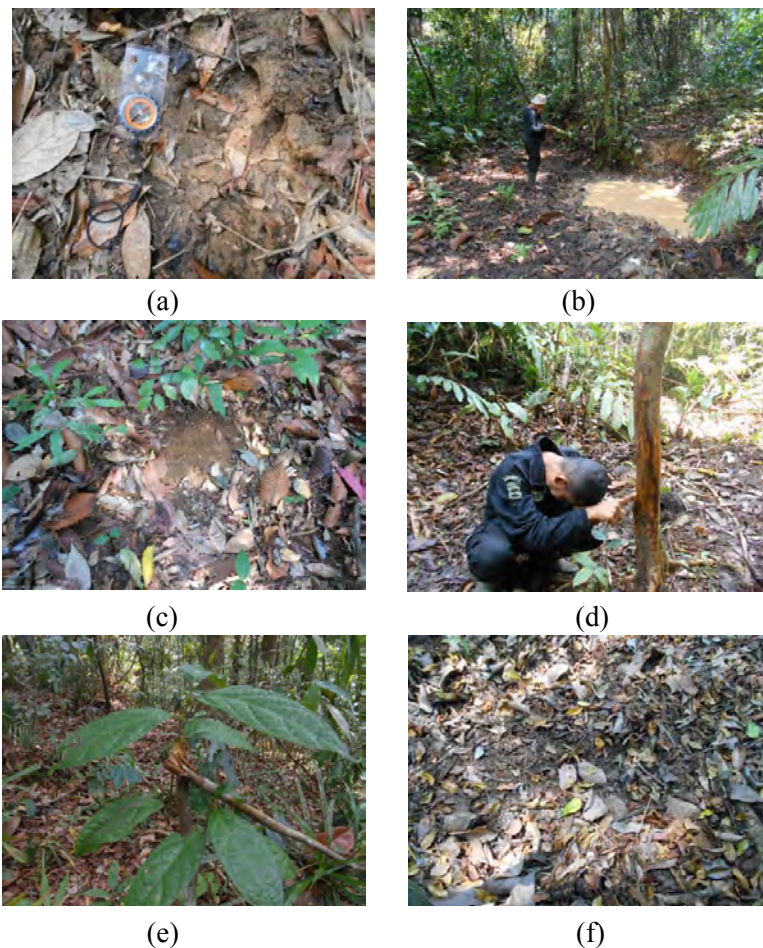
Hasil tumpang susun antara data temuan tersebut dengan hasil prediksi dapat dilihat pada gambar 42.



Gambar 42. Tumpang Susun antara Data Temuan Jejak Badak Sumatera tahun 2016 dengan daerah kesesuaian habitat Badak Sumatera di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan

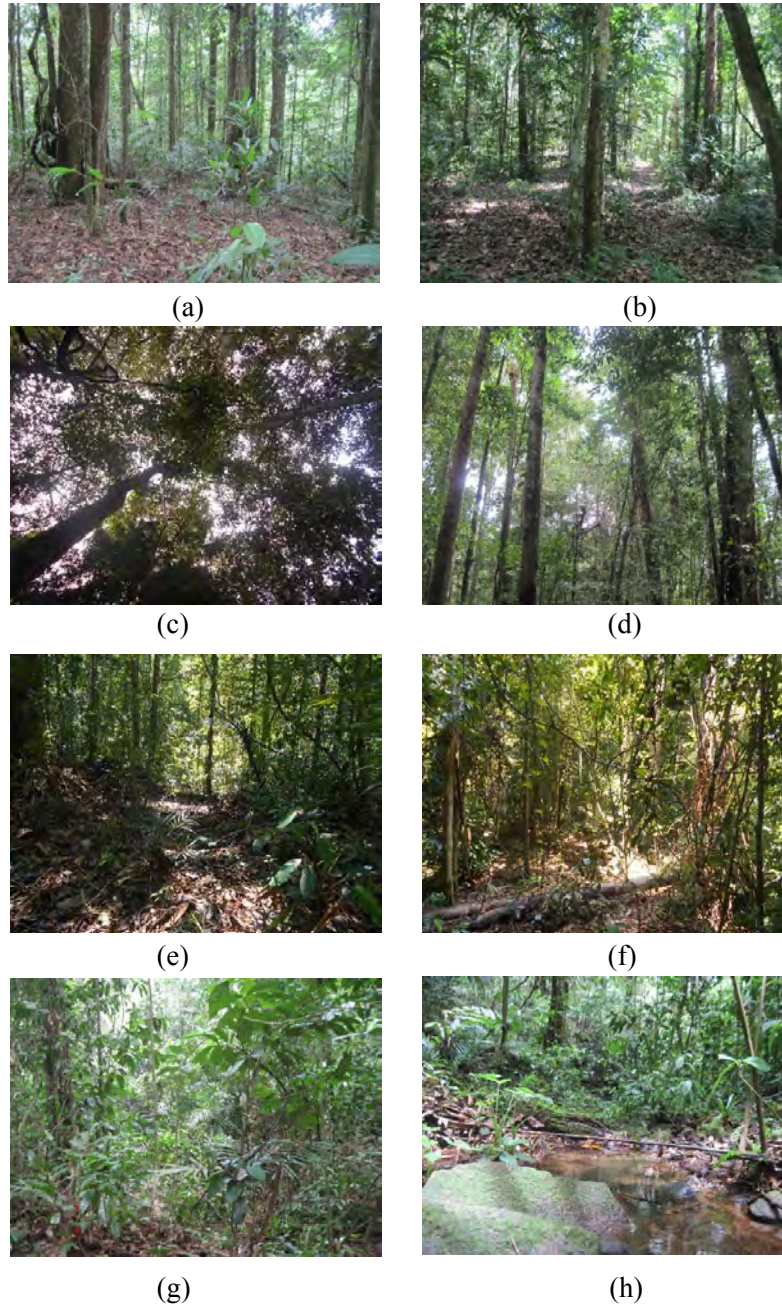
Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa sebanyak 66 temuan Badak Sumatera berupa jejak tapak, kotoran, kubangan, pakan, gesekan cula dan kaisan ditemukan pada saat observasi lapangan dilakukan pada tahun 2016, sebanyak 62 temuan (94%) berada di dalam lokasi prediksi kehadiran Badak Sumatera dengan menggunakan Maxent. Hal ini juga mengindikasikan bahwa prediksi kehadiran Badak Sumatera hasil Maxent juga memiliki kinerja model yang cukup baik.

Berikut ini adalah gambar mengenai temuan keberadaan Badak Sumatera berupa jejak, kubangan, kaisan, gesekan cula, bekas plintiran pakan dan kotoran lama Badak Sumatera.



Gambar 43. (a) Jejak tapak Badak Sumatera, (b) Kubang, (c) Kaisan, (d) Gesekn cula, (e) Bekas plintiran pakan dan (f) Kotoran Lama Badak Sumatera.

Selanjutnya adalah gambar mengenai kondisi daerah yang diprediksi sebagai daerah yang cocok bagi habitat Badak Sumatera di TNBBS.



Gambar 44. (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g) dan (h) daerah yang diprediksi sebagai habitat yang sesuai bagi Badak Sumatera

G. Analisis Struktur Lanskap pada Daerah Probabilitas Kehadiran Badak Sumatera

G.1. Analisis Struktur Lanskap Kawasan TNBBS

Hasil kajian klasifikasi penutupan lahan TNBBS yang dilakukan oleh *Tropenbos Internasional Indonesia Programme* pada tahun 2014 seluas 315.075,60 hektar, menunjukkan bahwa penutupan lahan TNBBS dapat dikelompokkan menjadi sebelas kelas. Adapun keluasan masing-masing kelas dan persentasenya dapat dilihat pada tabel 10 berikut ini.

Tabel 10. Klasifikasi penutupan lahan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan tahun 2014

No	Kelas Penutupan lahan	Luas (ha)	Persentase
1.	Kebun Campuran (KC)	11,182.19	3.55
2.	Perkebunan Monokultur (PM)	35,760.23	11.35
3.	Hutan Primer (HP)	222,987.47	70.77
4.	Hutan Sekunder (HS)	16,583.83	5.26
5.	Pertanian Lahan Kering (PLK)	15,520.59	4.93
6.	Semak (SMK)	12,120.69	3.85
7.	Semak Rawa (SR)	66.65	0.02
8.	Lahan Kosong (LK)	229.55	0.07
9.	Sawah (SWH)	102.26	0.03
10.	Air	499.26	0.16
11.	Pemukiman	22.88	0.01
Jumlah		315,075.60	100

Berdasarkan penutupan lahan TNBBS, evaluasi lanskap dapat dilakukan untuk mengetahui struktur lanskap lokasi penelitian. Evaluasi lanskap dilakukan pada skala lanskap dan skala kelas. Adapun parameter struktur lanskap lokasi penelitian dalam skala lanskap dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Hasil Patch Analyst Skala Lanskap

CA	TLA	NumP	MPS	MedPS	PSCoV	PSSD	TE
315,075.60	315,075.60	1,402	224.73	9.7475	1,360.66	3,057.86	757,2005.60

ED	MPE	MSI	AWMSI	MPAR	MPFD	AWMPFD	SDI	SEI
24.03	5400.86	2.1489	4.3107	25694.98	1.3249	1.2875	1.0593	0.4418

Keterangan : *Class Area (CA)*, *Landscape Area (TLA)*, *Number of Patches (NumP)*, *Mean Patch Size (MPS)*, *Median Patch Size (MedPS)*, *Patch Size Coefficient of Variance (PSCoV)*, *Patch Size Standard Deviation (PSSD)*, *Total Edge (TE)*, *Edge Density (ED)*, *Mean Patch Edge (MPE)*, *Mean Shape Index (MSI)*, *Area Weighted Mean Shape Index (AWMSI)*, *Mean Perimeter-Area Ratio*

(MPAR), Mean Patch Fractal Dimension (MPFD), Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension (AWMPFD), Shannon's Diversity Index (SDI), Shannon's Evenness Index (SEI).

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa bentang lanskap TNBBS seluas 315,075.60 hektar terdiri dari 1,402 *patches* dengan ukuran rata-rata 224.73 hektar/patch dan standar deviasi 3057.86. Total *edge* sebesar 7,572,005.60 meter dengan rata-rata *edge* setiap *patch* 5,400.86 meter/patch dan kerapatan *edge* 24.03 meter/hektar.

Indeks bentuk rata-rata (*Mean Shape Index*) TNBBS adalah sebesar 2.1489. McGarigal dan Mark (1995) mengatakan bahwa Indeks bentuk ideal adalah 1 untuk yang berbentuk lingkaran sempurna. Hal ini berarti semakin tinggi nilai MSI maka semakin banyak memiliki *edge* dan hal ini dipandang tidak baik dalam konteks konservasi keanekaragaman hayati. Indeks Shannon untuk keanekaragaman *patch* (SDI) pada lanskap TNBBS adalah 1.0593. Nilai terendah adalah 0 jika hanya terdapat satu *patch* dalam lanskap, nilai semakin besar dengan semakin semakin banyaknya tipe *patch* (McGarigal dan Mark, 1995). Indeks Shannon untuk keseragaman *patch* (SEI) adalah 0.4418. Indeks keseragaman mendekati nol jika distribusi *patch* rendah dan mendekati satu jika distribusi *patch* semakin tinggi. Untuk kawasan TNBBS, baik nilai indeks keanekaragaman dan indeks keseragaman termasuk sedang.

Struktur lanskap pada lokasi penelitian untuk skala kelas dapat dilihat pada tabel 12 berikut ini.

Tabel 12. Hasil Patch Analyst pada Skala Kelas Kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan

Class	CA	NumP	MPS	MedPS	PSCoV	PSSD	TE
KC	111,82.19	227	49.26	6.6064	575.13	283.31	709,358.82
PM	35,760.23	315	113.52	11.2093	581.80	660.49	1,664,836.13
HP	222,987.47	159	1,402.44	7.4244	635.76	8,916.19	2,281,788.42
HS	16,583.83	219	75.73	15.9679	249.31	188.79	1,092,846.99
PLK	15,520.59	145	107.04	9.2879	563.87	603.56	771,241.13
SMK	12,120.69	252	48.10	13.8360	218.10	104.90	913,931.80
SR	66.65	1	66.65	66.6504	0.00	0.00	4,026.36
LK	229.55	52	4.41	2.6915	112.44	4.96	50,457.12
SWH	102.26	21	4.87	0.7705	223.98	10.91	20,003.30
Air	499.26	8	62.41	59.0713	67.72	42.26	56,600.19
Pemk	22.88	3	7.63	10.6853	68.38	5.21	6,915.36

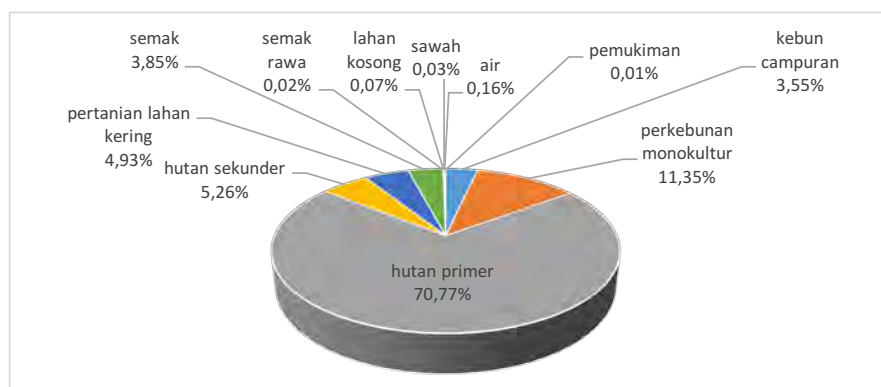
Class	ED	MPE	MSI	AWMSI	MPAR	MPFD	AWMPFD
KC	2.25	3,124.93	1.7411	2.8736	897.77	1.3424	1.2952
PM	5.28	5,285.19	1.9105	3.8166	1,499.56	1.3245	1.3046
HP	7.24	14,350.87	4.0750	4.7436	20,6915.92	1.3194	1.2818
HS	3.47	4,990.17	2.3210	2.8930	9,203.41	1.3129	1.3022
PLK	2.45	5,318.90	1.9500	3.5108	758.80	1.3317	1.3070
SMK	2.90	3,626.71	1.7291	2.2516	248.85	1.3065	1.2875
SR	0.01	4,026.36	1.3913	1.3913	60.40	1.2380	1.2380
LK	0.16	970.33	1.4680	1.6157	1,503.82	1.3423	1.3055
SWH	0.06	952.54	1.6617	2.1677	8,534.07	1.4343	1.3285
Air	0.18	7,075.02	2.6638	2.6454	158.23	1.3102	1.2968
Pemk	0.02	2,305.12	2.3450	2.7617	515.40	1.3984	1.3919

Keterangan : Kebun Campuran (KC), Perkebunan Monokultur (PM), Hutan Primer (HP), Hutan sekunder (HS), Pertanian Lahan Kering (PLK), Semak (SMK), Semak Rawa (SR), Lahan Kosong (LK), Sawah (SWH), Air, Pemukiman (Pemk). *Class Area (CA)*, *Landscape Area (TLA)*, *Number of Patches (NumP)*, *Mean Patch Size (MPS)*, *Median Patch Size (MedPS)*, *Patch Size Coefficient of Variance (PSCoV)*, *Patch Size Standard Deviation (PSSD)*, *Total Edge (TE)*, *Edge Density (ED)*, *Mean Patch Edge (MPE)*, *Mean Shape Index (MSI)*, *Area Weighted Mean Shape Index (AWMSI)*, *Mean Perimeter-Area Ratio (MPAR)*, *Mean Patch Fractal Dimension (MPFD)*, *Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension (AWMPFD)*.

Berdasarkan tabel 12, evaluasi lanskap dilakukan pada beberapa parameter untuk mengetahui struktur lanskap TNBBS pada skala kelas. Adapun beberapa parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ;

G.1.1. Class Area

Class area menunjukkan keluasan dan persentase masing-masing penutupan lahan berdasarkan pada tabel 12. Berikut adalah komposisi yang menyusun lanskap TNBBS (gambar 45).

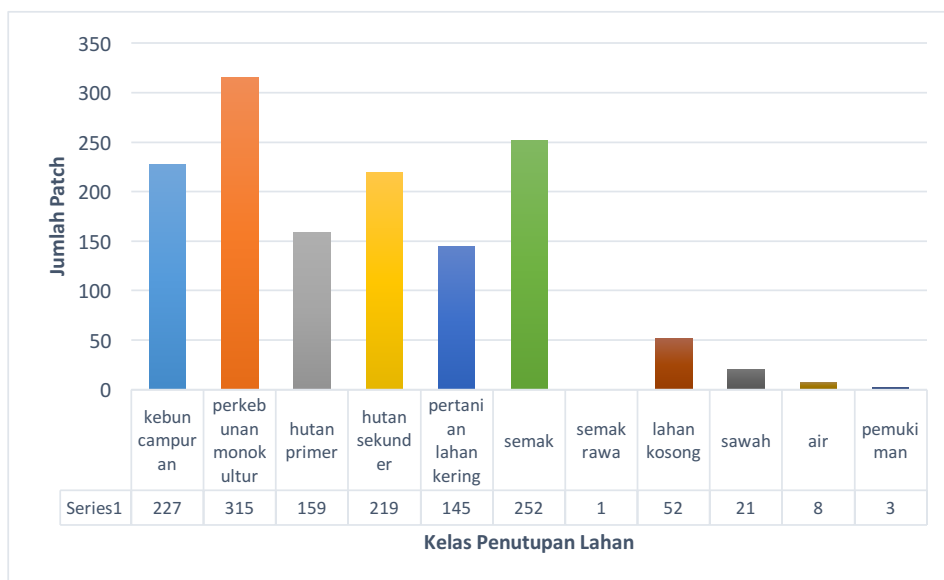


Gambar 45. Komposisi Penutupan Lahan Lanskap Taman Nasional Bukit Barisan Selatan

Seperti yang dilihat pada gambar diatas, komposisi lanskap kawasan TNBBS terdiri dari 11 kelas penutupan lahan, dimana masih di dominasi oleh hutan primer sebanyak 70.77% dari total luas kawasan. Dominasi yang kedua diikuti oleh perkebunan monokultur, pertanian lahan kering dan kebun campuran, dimana ketiga kelas penutupan lahan tersebut merupakan ancaman bagi kelestarian kawasan TNBBS. Namun secara keseluruhan kawasan TNBBS masih dalam kondisi baik, hal tersebut dapat dilihat dari masih dominannya hutan primer.

G.1.2. Number of Patch

Number of patch menunjukkan tingkat subdivisi untuk kelas tertentu atau lanskap dengan menghitung jumlah total patch untuk daerah tertentu (Turner dkk, 2001). Pada tingkat kelas, *number of patch* menghitung jumlah patch untuk setiap setiap kelas. Jumlah *patch* di setiap kelas, umumnya menunjukkan terfragmentasinya suatu habitat. Berikut adalah *number of patch* lanskap TNBBS (gambar 46).

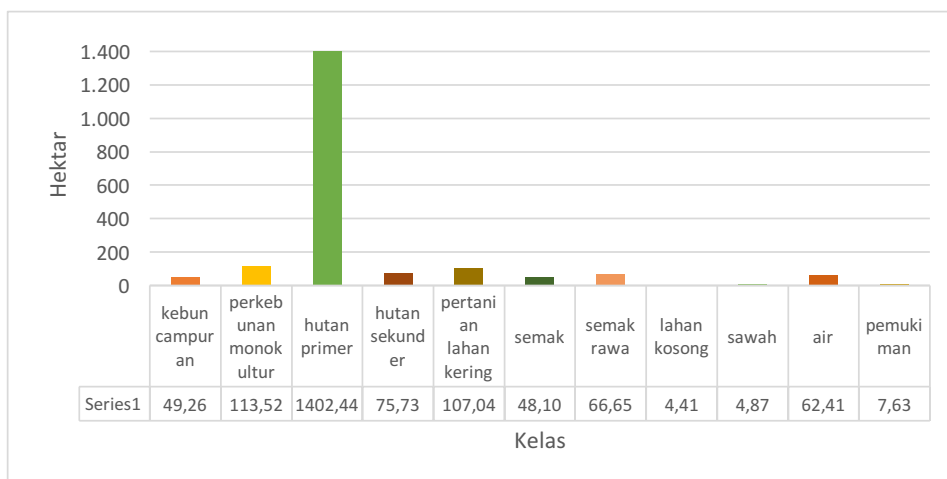


Gambar 46. Jumlah *Patch* Setiap Kelas Penutupan Lahan kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan

Berdasarkan gambar 46, kelas penutupan lahan perkebunan monokultur pada kawasan TNBBS memiliki jumlah *patch* terbanyak sebesar 315, disusul kemudian semak 252 *patch*, kebun 227 *patch* dan hutan sekunder 219 *patch*. Banyaknya jumlah *patch* di setiap kelas tutupan lahan tersebut maka ancaman hutan kawasan TNBBS terhadap degradasi dan fragmentasi akan semakin besar. Untuk hutan primer sendiri, jumlah patchnya sebesar 159 dengan keluasan rata-rata patch 1,400 ha. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi kawasan TNBBS masih layak bagi perlindungan satwa liar.

G.1.3. Mean Patch Size (MPS)

Mean patch Size digunakan untuk mengukur keluasan suatu habitat pada suatu lanskap. Pada skala kelas, MPS adalah luas dari masing-masing kelas penutupan hutan. Menurut Mcgarigal dan Marks (1995), ukuran *patch* merupakan salah satu metrik untuk mengetahui apakah suatu lanskap terfragmentasi atau tidak, *patch* dengan ukuran besar umumnya menunjukkan kecilnya terfragmentasi. Jika nilai MPS menurun dipahami fragmentasi meningkat di lapangan. Jika nilai MPS menurun dipahami fragmentasi berkurang di lapangan. Selain itu, ukuran *patch* juga dapat menunjukkan jumlah spesies yang dapat hidup dalam suatu habitat. Berikut adalah MPS pada lanskap TNBBS (gambar 47).

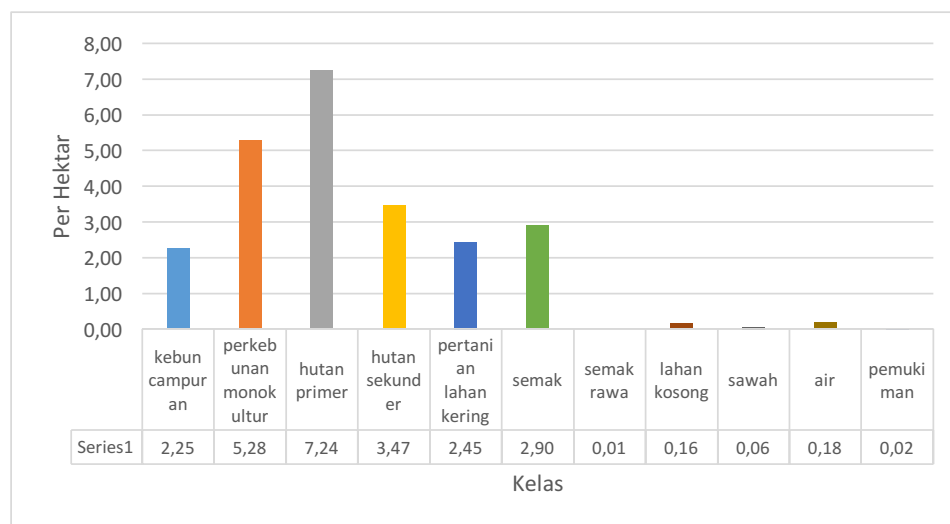


Gambar 47. Mean Patch Size Setiap Kelas Penutupan Lahan kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan

Berdasarkan gambar 47, kelas penutupan lahan hutan primer memiliki nilai MPS terbesar adalah 1,402.44 hektar. Hal ini mengindikasikan bahwa hutan di kawasan TNBBS belum terfragmentasi namun ancaman terhadap hal tersebut cukup besar yaitu dengan adanya kemungkinan bertambahnya nilai MPS pada kelas penutupan lahan perkebunan monokultur, pertanian lahan kering dan kebun campuran.

G.1.4. *Edge Density (ED)*

Parameter *edge density* digunakan untuk mengukur bentuk suatu patch (Turner dkk, 2001). ED juga menggambarkan heterogenitas dari suatu mosaik lanskap. *Edge* mengacu pada batas antara dua kelas yang berbeda sedangkan *edge density* mewakili perbandingan antara panjang dari semua perbatasan kelas yang berbeda pada suatu daerah dengan total luas daerah tersebut (McGarigal dan Marks, 1995). ED dapat digunakan untuk menentukan daerah-daerah yang disukai oleh satwa liar. Satwa liar yang menyukai daerah tepi akan sangat senang dengan daerah yang memiliki ED yang tinggi, begitu pula sebaliknya. Berikut adalah ED pada lanskap TNBBS (gambar 48).

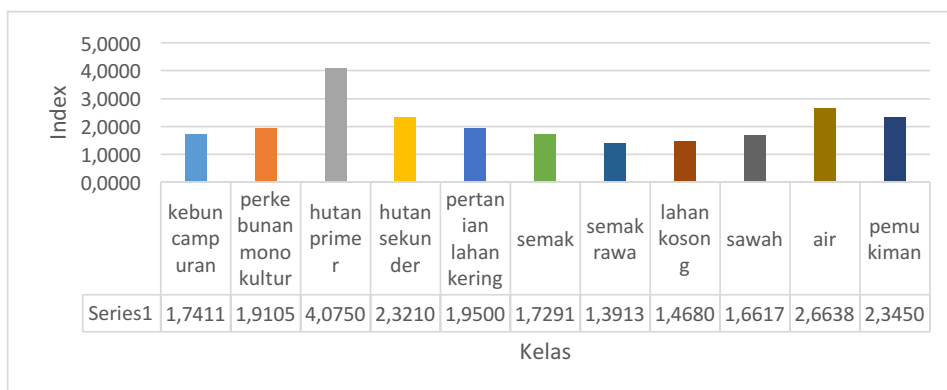


Gambar 48. *Edge Density* Setiap Kelas Penutupan Lahan kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan

Berdasarkan gambar 48, kelas penutupan lahan hutan primer memiliki ED terbesar yaitu 7.24 meter/hektar kemudian disusul oleh perkebunan monokultur dan hutan sekunder. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun hutan primer memiliki ukuran keluasan yang cukup besar dengan jumlah *patch* yang sedikit namun memiliki bentuk *patch* yang tingkat heterogenitas yang besar. Berbeda dengan kelas penutupan perkebunan monokultur dan hutan sekunder, tingginya nilai ED disebabkan karena banyaknya jumlah *patch* yang dimiliki dari masing-masing kelas penutupan lahan tersebut dengan bentuk *patch* yang cukup kompleks. Kondisi kawasan konservasi seperti ini akan sangat mendukung bagi satwa yang menyukai daerah *edge* namun akan menjadi ancaman bagi satwa yang tidak menyukai daerah *edge*.

G.1.5. Mean Shape Index (MSI)

Mean shape index (MSI) merupakan suatu parameter metrik lanskap dalam menggambarkan kompleksitas bentuk *patch*. Nilai MSI lebih besar dari satu, sedangkan jika nilai MSI sama dengan satu maka suatu *patch* akan berbentuk melingkar (polygon) atau persegi (grid). Menurut McGaril dan Mark (1995), nilai MSI diperoleh dengan membagi jumlah keliling setiap *patch* dengan akar kuadrat dari keluasan *patch* tersebut dan disesuaikan dengan standar melingkar atau standar persegi, kemudian dibagi dengan jumlah *patch*. Berikut adalah MSI pada lanskap TNBBS (gambar 49).



Gambar 49. *Mean Shape Index* Setiap Kelas Penutupan Lahan kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan

Berdasarkan gambar 49, kelas penutupan hutan primer memiliki nilai MSI yang tinggi dibandingkan dengan kelas penutupan lahan TNBBS lainnya. Kelas penutupan lahan seperti air, pemukiman dan hutan sekunder merupakan urutan selanjutnya setelah hutan primer. Hal ini mengindikasikan bahwa bentuk *patch* dari hutan primer cukup kompleks walaupun memiliki jumlah *patch* yang kecil, begitu halnya dengan air, pemukiman dan hutan sekunder. Semakin kompleksnya bentuk *patch* dari hutan primer hal ini menunjukkan semakin besarnya *edge* dari hutan primer tersebut. Seperti yang sudah dibahas sebelumnya bahwa kondisi kawasan konservasi yang memiliki *edge* yang cukup tinggi sangat mendukung bagi satwa yang menyukai daerah *edge* namun menjadi ancaman bagi satwa yang tidak menyukai daerah *edge*.

G.2. Analisis Struktur Lanskap Habitat Badak Sumatera di TNBBS

Penutupan lahan TNBBS dapat digunakan untuk melakukan analisis struktur lanskap pada daerah ditemukannya keberadaan Badak Sumatera berdasarkan hasil survei lapangan. Tumpang susun antara temuan jejak Badak dilapangan dengan tutupan lahan TNBBS akan menghasilkan informasi mengenai habitat yang disukai oleh Badak Sumatera di TNBBS. Berdasarkan hasil tumpang susun antara temuan jejak Badak Sumatera dilapangan pada tahun 2011-2014, 2015 dan 2016 dengan penutupan lahan kawasan TNBBS, diketahui keberadaan jejak Badak Sumatera banyak ditemukan di tutupan lahan jenis hutan primer.

Hasil *patch analyst* pada skala kelas kawasan TNBBS (tabel 12) menunjukkan terdapat 159 *patch* tutupan lahan jenis hutan primer, namun tidak semua *patch* hutan primer di tempati oleh Badak Sumatera di TNBBS. Untuk mengetahui jenis *patch* hutan primer yang disukai oleh Badak Sumatera, tumpang susun kembali dilakukan antara temuan jejak Badak Sumatera dilapangan pada tahun 2011-2014, 2015 dan 2016 dengan 159 *patch* tutupan lahan jenis hutan primer. Berdasarkan tumpang susun tersebut diketahui bahwa Badak Sumatera memilih *patch* tutupan lahan hutan primer dengan keluasan yang paling besar yaitu sebesar 100,502 Ha (lampiran 3). Diduga kecenderungan Badak Sumatera memilih

daerah tersebut karena daerah tersebut dapat memenuhi empat komponen dasar habitat (Shaw, 1985) untuk dapat mendukung kehidupannya.

Adapun lanskap metrik pada patch tutupan hutan primer yang dipilih oleh Badak Sumatera sebagai habitatnya dapat dilihat pada tabel hasil patch analyst skala kelas berikut ini.

Tabel 13. Hasil Patch Analyst Skala Kelas Pada Patch Tutupan Lahan Hutan Primer yang dipilih Oleh Badak Sumatera

Class	CA	NumP	MPS	MedPS	PSCoV	PSSD	TE
HP_44	100.502,87	1	100.502,87	100502,8709	0	0	621.914,23

Class	ED	MPE	MSI	AWMSI	MPAR	MPFD	AWMPFD
HP_44	2,79	621.914,23	5,53	5,53	6,20	1,29	1,29

Keterangan : Class Area (CA), Landscape Area (TLA), Number of Patches (NumP), Mean Patch Size (MPS), Median Patch Size (MedPS), Patch Size Coefficient of Variance (PSCoV), Patch Size Standard Deviation (PSSD), Total Edge (TE), Edge Density (ED), Mean Patch Edge (MPE), Mean Shape Index (MSI), Area Weighted Mean Shape Index (AWMSI), Mean Perimeter-Area Ratio (MPAR), Mean Patch Fractal Dimension (MPFD), Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension (AWMPFD), Shannon's Diversity Index (SDI), Shannon's Evenness Index (SEI).

Berdasarkan tabel 13, evaluasi lanskap dilakukan pada beberapa parameter untuk mengetahui struktur lanskap skala kelas pada patch hutan primer yang dipilih oleh Badak Sumatera. Adapun beberapa parameter yang digunakan yaitu (1) *class area* patch hutan primer yang dipilih Badak Sumatera memiliki keluasan area sebesar 100, 502 Ha yang merupakan patch ukuran terbesar diantara 159 patch hutan primer yang ada di dalam kawasan TNBBS. (2) *Mean patch size* (MPS) patch hutan primer yang dipilih Badak Sumatera memiliki nilai MPS sebesar 100, 502 Ha. Nilai MPS patch hutan primer yang dipilih Badak Sumatera merupakan nilai terbesar diantara 159 patch hutan primer yang ada di dalam kawasan TNBBS, hal ini mengindikasikan bahwa Badak Sumatera lebih memilih daerah yang dapat mendukung kebutuhan minimum akan daerah jelajahnya (*home range*). Berdasarkan kebutuhan minimal daerah jelajah Badak Sumatera sebesar 20-30 km², maka sesuai dengan habitat yang di pilih Badak Sumatera yang memiliki nilai MPS sebesar 26.18 km². (3) *edge density* (ED) pada patch hutan primer yang dipilih oleh Badak Sumatera memiliki nilai ED terbesar yaitu 2.79 meter/hektar. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun hutan primer memiliki ukuran keluasan yang cukup besar namun memiliki bentuk *patch* dengan tingkat heterogenitas yang besar.

Besarnya nilai ED pada hutan primer yang dipilih jika dibanding dengan patch hutan primer lainnya mengindikasikan bahwa Badak Sumatera menyukai daerah yang memiliki nilai ED yang cukup tinggi namun hanya pada hutan primer yang dijadikan daerah utama bagi mereka. Ada kemungkinan daerah *edge* pada hutan primer yang dipilih oleh Badak Sumatera lebih banyak menyediakan sumber makanan di banding penutupan lahan hutan primer lainnya. Selain itu juga tingkat gangguan pada edge hutan primer juga menjadi penilaian dalam pemilihan habitat oleh Badak Sumatera. (4) *Mean Shape Index* (MSI) pada patch hutan primer yang dipilih oleh Badak Sumatera memiliki nilai dengan urutan ketiga dibanding dengan patch hutan primer lainnya yaitu sebesar 5.53. Hal ini mengindikasikan bahwa bentuk patch dari hutan primer cukup kompleks atau menengah jika dibandingkan dengan 2 patch hutan primer yang memiliki nilai MPS tertinggi (lampiran 3). Kompleksnya bentuk *patch* dari hutan primer ini menunjukkan semakin besarnya *edge* dari hutan primer tersebut. Seperti yang sudah dibahas sebelumnya bahwa Badak Sumatera menyukai daerah yang memiliki *edge*, ada kemungkinan daerah *edge* cukup banyak menyediakan sumber makanan. Namun tingkat gangguan tetap menjadi prioritas utama dalam pemilihan habitat bagi Badak Sumatera, hal tersebut terlihat dimana hutan primer yang dipilih adalah hutan primer yang memiliki nilai MPS yang sedang jika dibanding dengan patch hutan primer lainnya.

Selain dari segi struktur lanskap, ada faktor lain yang juga menjadi pertimbangan Badak Sumatera dalam memilih satu patch hutan primer diantara 159 patch hutan primer yang tersedia. Salah satunya adalah faktor lingkungan yang mempengaruhi keberadaan Badak Sumatera di TNBBS. Diduga patch hutan primer yang dipilih Badak Sumatera memiliki faktor-faktor lingkungan yang dapat mendukung kehidupan dan sumberdaya bagi Badak Sumatera. Berdasarkan hasil Maxent dalam mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi keberadaan Badak Sumatera, di duga faktor-faktor lingkungan itulah yang mempengaruhi Badak Sumatera dalam memilih salah satu patch hutan primer di TNBBS.

H. Implikasi Pengelolaan Habitat Badak Sumatera di TNBBS

Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) merupakan salah satu dari bentang alam hutan tropis yang memiliki ekosistem tropis yang lengkap mulai dari pantai sampai pegunungan. Keunikan tersebut semakin lengkap dengan adanya habitat Badak Sumatera di dalam kawasan TNBBS. Namun seiring dengan perkembangan jaman, tingginya tekanan dan ancaman terhadap kawasan membuat kondisi kawasan TNBBS semakin mengalami penurunan sehingga memberikan dampak negatif terhadap kualitas dan kuantitas habitat satwa liar terancam punah yaitu Badak Sumatera. Adanya kondisi tersebut maka perlu segera dilakukan upaya penyelamatan dan perlindungan terhadap Badak Sumatera baik dari segi habitat maupun populasinya. Upaya-upaya penyelamatan dan perlindungan tersebut telah dilakukan, mulai dari patroli keamanan, monitoring spesies serta dibuatnya kebijakan berupa strategi dan rencana aksi konservasi badak yang ditetapkan melalui Permenhut No. P.43/Menhut-II/2007. Namun beberapa upaya tersebut masih membutuhkan informasi yang dapat menunjang upaya penyelamatan dan perlindungan agar pengelolaannya dapat dilakukan lebih intensif dan efisien.

Pengelolaan satwa liar di kawasan konservasi mencakup seluruh upaya perlindungan terhadap habitat dan pengendalian terhadap populasinya. Hal tersebut dilakukan untuk mempertahankan potensi keanekaragaman hayati dan ekosistemnya. Badak Sumatera yang merupakan salah satu mamalia besar yang terancam punah, saat ini habitatnya mengalami penurunan baik dari segi kuantitas dan kualitas sehingga berdampak negatif terhadap populasinya. Oleh karena itu, tindakan manajemen yang tepat sangat diperlukan dalam upaya konservasi jenis satwa liar yang terancam punah ini.

Hasil penelitian memberikan gambaran tentang beberapa hal penting yang dapat dipertimbangkan dalam rangka konservasi Badak Sumatera di dalam Kawasan TNBBS antara lain ;

1. Beberapa Variabel lingkungan yang berpengaruh terhadap kehadiran Badak Sumatera di TNBBS adalah curah hujan bulan Juni-Juli-Agustus, jarak dari perkebunan, kemiringan tempat, jarak dari sungai, curah hujan bulan Sept-Oktober-Nov, jarak dari pemukiman, jarak dari jalan, curah hujan bulan Maret-

April-Mei dan temperatur. Berdasarkan variabel lingkungan tersebut maka Badak Sumatera di TNBBS akan memilih daerah dengan kisaran curah hujan rata-rata 4-7 mm/hari, relatif dekat dengan sungai, jauh dari segala aktivitas manusia, memiliki areal yang relatif datar dan memiliki kondisi yang dingin sebagai habitatnya. Adanya informasi mengenai variabel-variabel lingkungan yang diduga berpengaruh terhadap kehadiran Badak Sumatera maka pengelola kawasan dapat segera melakukan upaya perlindungan terhadap habitatnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan berdasarkan variabel lingkungan diatas adalah melakukan langkah tegas dan komprehensif terhadap aktivitas manusia di dalam kawasan TNBBS, diantaranya yaitu perambahan dan pembangunan jalan didalam kawasan. Untuk variabel lingkungan lainnya yang tidak bisa dimanipulasi seperti halnya iklim, topografi dan sungai maka upaya yang perlu dilakukan adalah dengan menjaga dan melindungi daerah yang masuk dalam kriteria sesuai bagi habitat Badak Sumatera dari gangguan manusia maupun alam seperti kebakaran hutan.

2. Hasil model Maxent secara spasial menunjukkan bagian tengah kawasan konservasi Taman Nasional Bukit Barisan Selatan merupakan daerah yang sesuai bagi kehidupan Badak Sumatera. Selain itu, penelitian ini juga menghasilkan deliniasi daerah yang dianggap sesuai bagi Badak Sumatera. Dimana dengan adanya delineasi tersebut maka dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pengelola untuk langsung melakukan perlindungan dan pengamanan terhadap lokasi tersebut, sehingga pengelolaan habitat Badak Sumatera dapat dilakukan secara efektif dan efisien mengingat tidak semua kawasan TNBBS merupakan habitat bagi Badak Sumatera. Adanya delineasi, juga dapat membantu pengelola kawasan TNBBS dalam melakukan survei dan monitoring terhadap Badak Sumatera secara tepat sehingga jumlah populasi satwa liar tersebut dapat diketahui dengan baik.
3. Terkait dengan struktur lanskap pada daerah yang sesuai bagi habitat Badak Sumatera, diketahui Badak Sumatera lebih senang berada di daerah dengan tutupan hutan primer yang memiliki keluasan yang dapat mendukung kebutuhan minimum akan daerah jelajahnya sebagai tempat mencari makan

dan berlindung serta memiliki indeks keanekaragaman dan keseragaman yang baik dan memiliki edge yang besar. Oleh karena itu, lokasi yang menjadi habitat bagi Badak Sumatera harus dipertahankan dan diamankan kondisinya agar tidak terjadi penurunan kualitas dan kuantitas. Jika terjadi penurunan kualitas dan kuantitas terhadap lokasi tersebut maka upaya lebih lanjut yang harus dilakukan adalah dengan melakukan pembinaan habitat. Untuk menciptakan edge yang besar yang menjadi sumber pakan bagi Badak Sumatera dapat dilakukan manipulasi habitat pada batas tutupan hutan primer sehingga tumbuhan bawah yang menjadi sumber pakannya dapat tumbuh dengan baik.

4. Mengacu pada sistem zonasi kawasan TNBBS, daerah yang sesuai bagi habitat Badak Sumatera, saat ini sebagian besar berada dalam zona inti dan hanya sebagian kecil berada di zona rimba kawasan TNBBS. Terkait dengan salah satu kriteria pemilihan lokasi sebagai zona inti adalah terdapatnya habitat satwa langka dan terancam punah keberadaannya, maka untuk daerah yang berada di zona rimba dapat dipertimbangkan untuk dimasukkan ke dalam zona inti. Selain itu, perlu juga dipertimbangkan untuk melakukan pendekatan focal spesies dalam zona inti TNBBS sehingga habitat spesies lain yang tidak tercakup dalam habitat Badak Sumatera yang merupakan umbrella spesies juga dapat terjaga.
5. Untuk habitat Badak Sumatera yang berdekatan dengan batas kawasan akan menjadi ancaman bagi kelestarian populasi Badak Sumatera. Untuk itu perlu dilakukan upaya yang intensif agar ancaman dari luar kawasan seperti perburuan liar dan kegiatan ilegal lainnya yang dapat merusak habitat Badak Sumatera dapat dikendalikan. Diantaranya dilakukan pengamanan dan perlindungan berupa penjagaan dan patroli secara intensif di batas kawasan serta peningkatan pemanfaatan kawasan penyangga baik dari segi pengembangan maupun pengelolaan.
6. Selain beberapa pertimbangan upaya yang disebutkan diatas, upaya peningkatan populasi Badak Sumatera di TNBBS juga harus dipertimbangkan. Adanya informasi mengenai variabel lingkungan yang berpengaruh terhadap

keberadaan Badak Sumatera dan struktur lanskap habitatnya, dapat dipertimbangkan untuk mencari daerah lain dalam kawasan TNBBS yang jika direhabilitasi akan memiliki kriteria yang sesuai bagi habitat Badak Sumatera. Adanya peningkatan kualitas dan kuantitas habitat bagi Badak Sumatera diharapkan dapat juga meningkatkan populasinya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Variabel lingkungan yang berpengaruh terhadap kehadiran Badak Sumatera di TNBBS adalah curah hujan bulan Juni-Juli-Agustus, jarak dari perkebunan, kemiringan tempat, jarak dari sungai, curah hujan bulan September-Oktober-November, jarak dari pemukiman, jarak dari jalan, curah hujan bulan Maret-April-Mei dan temperatur. Badak Sumatera di TNBBS memilih daerah dengan kisaran curah hujan 4-7 mm/hari, relatif dekat dengan sungai, jauh dari segala aktifitas manusia, memiliki areal yang relatif datar dan memiliki kondisi yang dingin sebagai habitatnya.
2. Hasil model Maxent secara spasial menunjukkan bahwa bagian tengah kawasan konservasi Taman Nasional Bukit Barisan Selatan merupakan daerah yang sesuai bagi kehidupan Badak Sumatera. Berdasarkan ambang batas *10 percentile training presence logistic threshold*, diketahui luas daerah yang sesuai bagi kehidupan Badak Sumatera di TNBBS sebesar 25,940.80 Ha atau hanya 8.28 % dari kawasan TNBBS.
3. Badak Sumatera memilih *patch* tutupan lahan jenis hutan primer dengan keluasan yang paling besar sebagai habitatnya untuk dapat mendukung kebutuhan sumberdayanya. Dalam skala kelas pada *patch* hutan primer yang dipilih, Badak Sumatera lebih senang berada di hutan primer sebagai tempat mencari makan dan tempat berlindung, dengan keluasan rata-rata yang dapat mendukung kebutuhan minimum akan daerah jelajahnya (*home range*) serta memiliki *edge* yang besar sebagai sumber pakan. Selain itu, *patch* hutan primer yang dipilih Badak Sumatera memiliki faktor-faktor lingkungan yang dapat mendukung kehidupan dan sumberdaya bagi Badak Sumatera.

B. Saran

1. Salah satu informasi yang diberikan model prediksi ini yaitu berupa deliniasi daerah yang disukai oleh Badak Sumatera sehingga perlu kajian lebih dalam lagi terhadap daerah tersebut untuk mengetahui jumlah populasi Badak Sumatera di TNBBS.
2. Daerah yang disukai oleh Badak Sumatera di TNBBS seperti daerah yang memiliki hutan primer yang cukup dominan dengan kisaran curah hujan 4-7 mm/hari, relatif dekat dengan sungai, jauh dari segala aktivitas manusia, memiliki areal yang relatif datar dan memiliki kondisi yang dingin perlu dijaga dan dipertahankan kondisinya dari gangguan dan kerusakan yang disebabkan oleh manusia maupun alami seperti kebakaran hutan.
3. Perlu dilakukan kajian lebih dalam mengenai struktur lanskap dalam skala habitat secara spesifik bagi Badak Sumatera di TNBBS berdasarkan hasil Maxent.
4. Model prediksi kehadiran Badak Sumatera ini dapat dijadikan pertimbangan dalam upaya pengelolaan habitat dan populasi Badak Sumatera di TNBBS dimana upaya pembinaan habitat dapat segera dilakukan pada daerah-daerah di TNBBS yang berpotensi memiliki kriteria habitat yang disukai oleh Badak Sumatera.

DAFTAR PUSTAKA

- Alikodra, H.S. 2002. Pengelolaan Satwaliar Jilid I. Bogor: Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Araújo M. B., Guisan A. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography* 33(10): 1677–1688.
- Arief H. 2005. Analisis Habitat Badak sumatera (*Dicerorhinus sumatrensis* Fischer 1814) Studi Kasus : TN. Way Kambas. Sekolah Pascasarjana IPB.
- Arifin H.S., Christine W., Qodarian P., Kaswanto R.L. 2009. Analisis Lanskap Agroforestry. IPB Press. Bogor.
- Bailey JA. 1984. Principles of Wildlife Management. New York: John Wiley & Son, Inc. http://www.amazon.com/Principles-Wildlife-Management-James-Bailey/dp/0471016497#reader_0471016497.
- Baldwin, R. A. 2009. Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy*, 11(4), 854-866.
- Barnes, T. G. 2000. Landscape ecology and ecosystems management. URL: www.ca.uky.edu/agc/pubs/for/for76/for76.pdf (2003, September 16), 1-8.
- Borner, M., 1979. *field study of the Sumatran Rhinoceros Dicerorhinus sumatrensis, Fischer 1814*. Juris Druck & Verlag.
- Corbet, G.B., Hill, J.E. 1992. The mammals of the Indomalayan region: a systematic review. Oxford, Oxford University Press.
- Dugatkin, L. A. 2009. Principles of animal behavior. Second edition. W.W. Norton & Company, New York, New York, USA.
- Elith, J., Leathwick, J. R. 2009. Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40(1), 677–697. doi:10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159.

- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P. et al. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129–151.
- Foose, T.J., van Strien, N.J. 1997. *Asian rhinos: status survey and conservation action plan* (Vol. 32). IUCN.
- Forman, R.T.T., M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons. New York. 619 p.
- Fourcade, Y., Engler, J. O., Rödder, D., Secondi, J. 2014. Mapping species distributions with MAXENT using a geographically biased sample of presence data: a performance assessment of methods for correcting sampling bias.
- Franklin, J. 2009. *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*. New York, United States of America: Cambridge University Press.
- Franklin, J. 1995. Predictive vegetation mapping: geographic modeling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Progress in Physical Geography* 19, pp. 474–499.
- Fretwell, S. D., Lucas, H. L. 1970. On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. I. Theoretical development. *Acta Biotheor.* 14: 16–36.
- George T. L., Zack S. 2001. Spatial and Temporal Considerations in Restoring Habitat for Wildlife. *Restoration Ecology*. 9(3): 272- 279.
- Godvik, I.M.R., Loe, L.E., Vik, J.O., Veiberg, V., Langvatn, R., Mysterud, A. 2009. Temporal scales, trade-offs, and functional responses in red deer habitat selection. *Ecology* 90: 699-710.
- Griffiths, M., Schaik CPV. 1993. The Impact of Human Traffic on the Abundance and Activity Periods of Sumatran Rain Forest Wildlife. *Conservation Biology*. Volume 7 September 1993.
- Guisan, A., Zimmermann, N. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135, pp. 147–186.

- Gunawan, H., Prasetyo LB. 2013. Fragmentasi hutan “Teori yang mendasari penataan ruang menuju pembangunan berkelanjutan”. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi. Bogor.
- Groves CP, Fernando P., Robovsky J. 2010. The Sixth Rhino: A Taxonomic Re-Assessment of the Critically Endangered Northern White Rhinoceros. *PloSONE* April 2010, Volume 5, Issue 4, e9703.
- Groves, C.P. 1965. Description of a new subspecies of rhinoceros, from Borneo, *Didermocerus sumatrensis harrissoni*. *Saugetierkundliche Mitteilungen* 13 (3): 128-131.
- Hall, L. S., P. R. Krausman, M. L., Morrison. 1997. The Habitat Concept and A Plea for Standard Terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25:173–182.
- Hanski, I. 1998. Metapopulation dynamics. *Nature* 396: 41-49.
- Helms, J.A. (ed). 1998. *The Dictionary of Forestry*. The Society of American Forestry & CABI Publishing. Bethesda, MD & Oxon, UK. 210p.
- Hess GR., Fischer RA. 2001. Communicating clearly about conservation corridors. *Landscape and Urban Planning* 55: 195 – 208.
- Hirzel, A., Le Lay, G. 2008. Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology* 45: 1372–1381.
- Hubback. 1939. The Asiatic Two-Horned Rhinoceros. *Journal of Mammalogy*. 20(1): 1-20.
- Isnan MW. 2006. Laporan Penyelamatan Badak Sumatera Taman Nasional Kerinci Seblat Di Bengkulu. Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam (PHKA) Departemen Kehutanan – Yayasan Mitra Rhino (YMR) – Yayasan Suaka Rhino Sumatera (YSRS) – International Rhino Foundation (IRF) – Program Konservasi Badak Indonesia (PKBI).
- Jiang, Z., Huete, A.R., Chen, J., Chen, Y., Li, J., Yan, G., Zhang, X. 2006. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote sensing of environment*, 101(3), pp.366-378.

- Juntti, Thomas M, Rumble, Mark A. 2006. Arc Habitat Suitability Index Computer Software. Gen Tech. Rep. RMRS-GTR-180WWW. Ft. Collins, CO: U.S Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 31p.
- Kinnaird MF, Sanderson EW, O'Brien TG, Wibisono HT, Woolmer G. 2003. Deforestation trends in a tropical landscape and implications for endangered large mammals. *Conservation Biology* 17(1):245–257.
- Kupfer, J.A., Malanson, G.P., Franklin, S.B. 2004. Identifying the Biodiversity Research Needs Related to Forest Fragmentation. National Commission for Science on Sustainable Forestry, Washington, DC. 218pp.
- Kurt, F. 1973. Der Gunung Leuser Survey 1970. *Zeitschrift des KolnerZoo*, 16, 59-74.
- Linkie M, Chapron G, Martyr DJ, Holden J, Leader-Williams N. 2006. Assessing the viability of tiger subpopulations in a fragmented landscape. *Journal of Applied Ecology* 43:576–586.
- MacArthur, R.H., Pianka, E.R. 1966. On optimal use of a patchy environment. *American Naturalist* 100: 603-609.
- MacKinnon, J, K. MacKinnon, G. Child, J. Thorsell. 1986. *Pengelolaan Kawasan Yang Dilindungi Di Daerah Tropika (Terjemahan)*. 1990. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Manel, S., Williams, H. C., Ormerod, S. J. 2001. Evaluating presence–absence models in ecology: the need to account for prevalence. *Journal of applied Ecology*, 38(5), 921-931.
- Marfai, M. A. 2011. *Pengantar Pemodelan Geografi*. Yogyakarta: Geography Faculty Publisher, Gadjah Mada University.
- Master J, Tjitrosoedirdjo SS, Qayim I, Tjitrosoedirdjo S. 2013. Ecological impact of *Merremia peltata* (L.) Merrill invasion on plant diversity at Bukit Barisan Selatan National Park. *Biotropia* 20(1):29-37.
- McGarigal, K. 2002. Landscape pattern metrics. *Encyclopedia of environmetrics*.

- McGarigal, K., Tagil, S. and Cushman, S.A. 2009. Surface metrics: an alternative to patch metrics for the quantification of landscape structure. *Landscape ecology*, 24(3): 433-450.
- McGarigal, K., Marks, B.J. 1995. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.*
- Meijaard, E., 1996. The Sumatran rhinoceros in Kalimantan, Indonesia: its possible distribution and conservation prospects. *Pachyderm* 21: 15-23.
- Miller, J. 2010. Species distribution modeling. *Geography Compass*, 4(6), 490-509.
- Morris, D.W. 2003. Toward an ecological synthesis: a case for habitat selection. *Oecologia* 136:1–13.
- Morris, DW. 1987. Test of density-dependent habitat selection in a patchy environment. *Ecological Monographs*. 57(4):269–281.
- Morrison, M.L., B.G. Marcot., R.W. Mannan. 2006. *Wildlife-Habitat Relationships. Third Edition. ISLAND PRESS. Washington.*
- Muntasib EKSH. 2002. Penggunaan Ruang Habitat oleh Badak Jawa (*Rhinoceros sondaicus* Desmarest 1822) di Taman Nasional Ujung Kulon [disertasi]. Bogor: Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Mysterud, A., Ims, R.A. 1998. Functional responses in habitat use: availability influences relative use in trade-off situations. *Ecology* 79: 1435-1441.
- Nardelli, F. 2014. The last chance for the Sumatran rhinoceros?. *Pachyderm* No. 55 January – June 2014.
- Nowak RM. 1991. *Walker's mammals of the world*. University Pers. Baltimore & London.
- Odum EP. 1993. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Osborne PE, Alonso JC, Bryant RG. 2001. Modelling Landscape – Scale Habitat Use Using GIS and Remote Sensing: A Case Study with Great Bustards. *Journal of Applied Ecology* 38: 458-471.

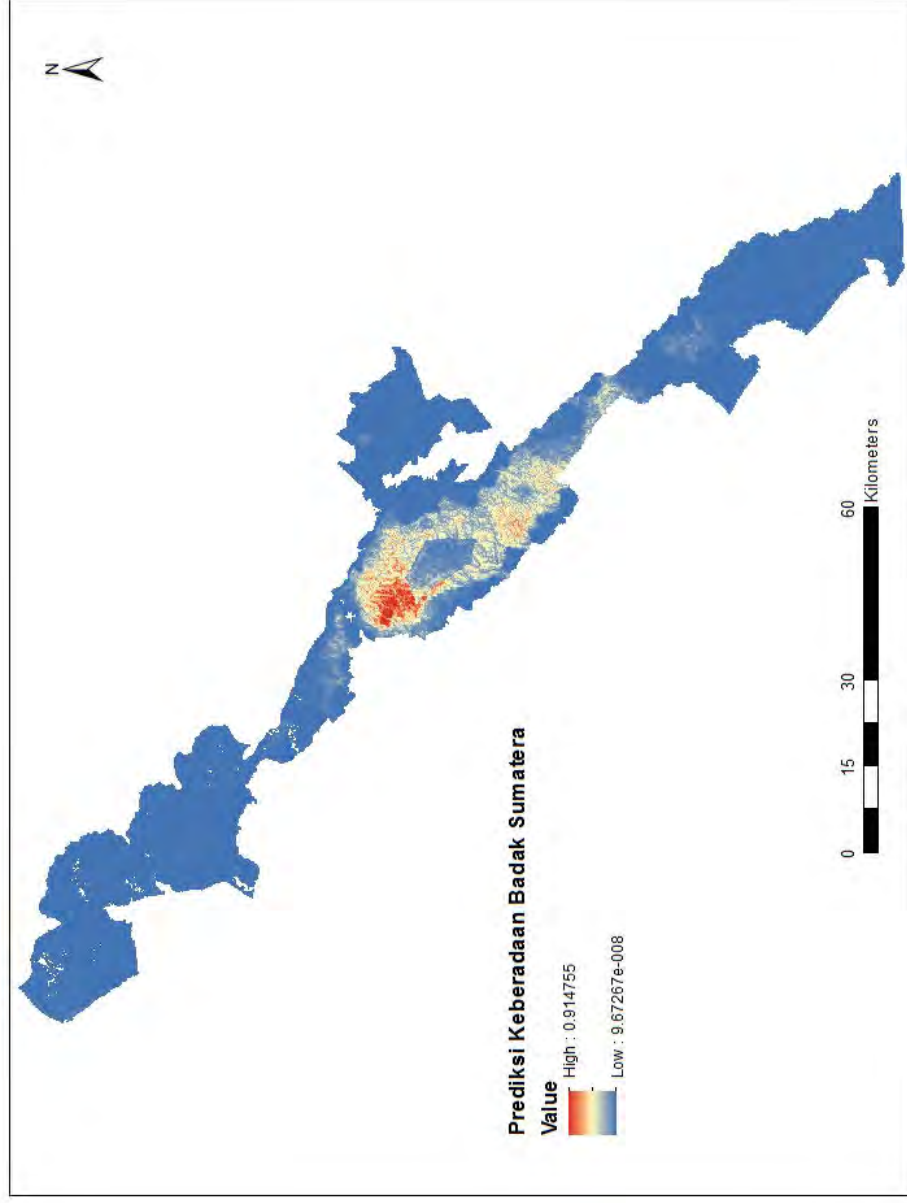
- Pearson, R.G. 2008. Species' Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners. Synthesis. American Museum of Natural History.
- Pearson, R., Dawson, T. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology & Biogeography* 12, pp. 361–371.
- Phillips, S.J., Dudík, M., Schapire, R.E. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In *Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning* (p. 83). ACM.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Schapire, R. E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling* 190: 231-259.
- Phillips. S.J., Dudik. M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161–175.
- Pierce, B.M., Bowyer, R.T., Bleich, V.C. 2004. Habitat selection by mule deer: forage benefits or risk of predation? *Journal of Wildlife Management* 68: 533-41.
- Puntodewo A., S. Dewi, J Tarigan. 2003. Sistem Informasi Geografi Untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam. Bogor: Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Pusparini, W., Wibisono, H.T., 2013. Landscape-level assessment of the distribution of the Sumatran rhinoceros in Bukit Barisan Selatan National Park, Sumatra. *Pachyderm* 53: 59-65.
- Pusparini, W. 2014. Ecology And Conservation of Endangered Spesies in Sumatera: Smaller Cats and The Sumatran Rhinoceros (*Dicerorhinus sumatrensis*) As Case Studies. [Thesis]. University of Massachusetts Amherst, Massachusetts. [Amerika Serikat].
- Putra RH. 2014. Kajian Habitat dan Populasi Badak sumatera (*Dicerorhinus sumatrensis* Fischer 1814) di Kapi, Kawasan Ekosistem Leuser Provinsi Aceh [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

- Primack RB, Supriatna J, Indrawan M., Kramadibrata P. 2007. Biologi Konservasi. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Rahmat UM. 2007. Analisis Tipologi Habitat Preferensial Badak Jawa (*Rhinoceros sondaicus* Desmarest 1822) di Taman Nasional Ujung Kulon [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Rodenhouse, N. L., T. S. Sillett, P. J. Doran, R. T. Holmes. 2003. Multiple density dependence mechanisms regulate a migratory bird population during the breeding season. *Proceedings of the Royal Society Bulletin* 270: 2105–2110.
- Rosenzweig, M.L. 1981. A theory of habitat selection. *Ecology* 62: 327-335.
- Shannon NH, Hudson RJ, Brink VC, Kitts WD. 1975. Determinants of spatial distribution of Rocky Mountain bighorn sheep. *J. Wild. Manage.* 39(2):387–401.
- Shaw, J. 1985. Introduction to Wildlife Management. McGraw-Hill Book Company. New York. 316p.
- Stickler M., J. Southwort. 2008. Application of Multi-scale Spatial and Spectral Analisis for Predicting Primate Occurrence and Habitat Association in Kibale National Park Uganda. *Journal Remote Sensing of Environmnet.* 112: 2170-2186.
- Stockwell, D. 2006. Niche modeling: predictions from statistical distributions. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC.
- Talukdar BK. 2011. Asian Rhino Specialist Group Report. Pachyderm No. 49 January – June 2011.
- Turner, M.G., Gardner, R.H., O'Neill, R.V. 2001. *Landscape ecology in theory and practice* (Vol. 401). New York: Springer.
- Van Strien, N.J., Manullang, B., Sectionov, Isnan, W., Khan, M.K.M, Sumardja, E., Ellis, S., Han, K.H., Boeadi, Payne, J., Bradley Martin, E. 2008. *Dicerorhinus sumatrensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2008*: e.T6553A12787457.
<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T6553A12787457.en>.

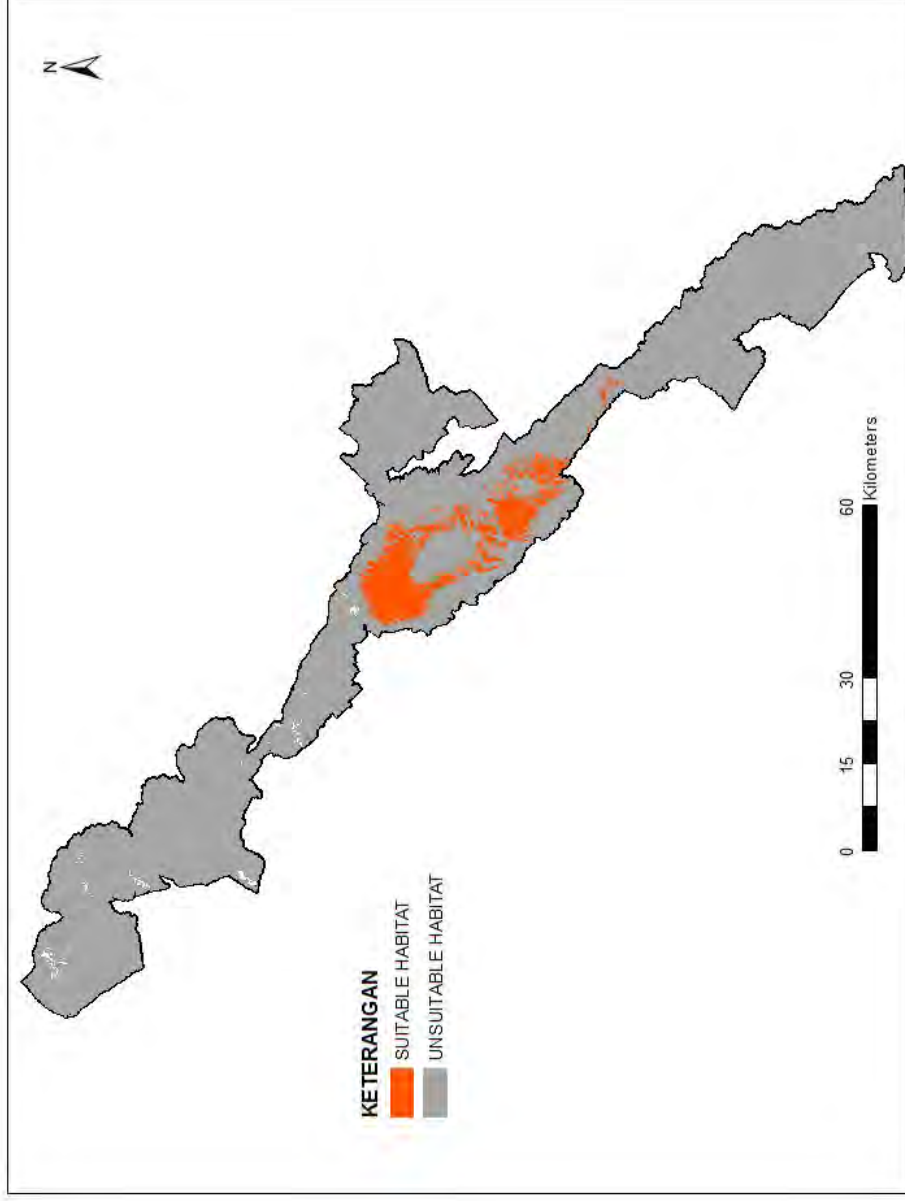
- Van Strien, N.J., Steinmetz, R., Manullang, B., Sectionov, Han, K.H., Isnan, W., Rookmaaker, K., Sumardja, E., Khan, M.K.M., Ellis, S. 2008. *Rhinoceros sondaicus*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2008*: e.T19495A8925965.
<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T19495A8925965.en>.
- Van Strien N.J. 1985. *The Sumatran Rhinoceros Dicerorhinus sumatrensis (Fischer, 1814) in The Gunung Leuser National Park, Sumatera, Indonesia, Its Distribution, Ekology and Conservation*. Privately Publisher.
- Van Strien N.J. 1974. *Dicerorhinus sumatrensis (Fischer) The Sumatran or Two Horned Asiatic Rhinoceros : a Study of Literatur*. Wegeningen.
- Williams, B. K., Nichols, J. D. 1984. Optimal timing in biological processes. – *Am. Nat.* 123: 1–19.
- Walz, U. 2011. Landscape structure, landscape metrics and biodiversity. *Living reviews in landscape research*, 5(3): 1-35.
- Weier, J., Herring, D. 2000. Measuring Vegetation (NDVI & EVI).
<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/>
- Wiens, J.A. 1995. Habitat fragmentation: island v landscape perspectives on bird conservation. *Ibis* 137 (1): 97-104.
- Young RH, Green DR, Cousin S. 1993. *Landscape Ecology and Geographic Information Systems*. London: Taylor & Francis.
- Zafir AAW, Payne J, Mohamed A, Lau CF, Sharma DSK, Alfred R, Williams AC, Nathan S, Ramono WS, Clements GS. 2011. Now or never: what will it take to save the Sumatran rhinoceros *Dicerorhinus sumatrensis* from extinction? *Oryx* 45(2):225–233.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Prediksi Hasil Maxent



Lampiran 2. Kesesuaian Habitat Badak Sumatera di TNBBS



Lampiran 3. Hasil Patch Analyst Skala Kelas Pada Patch Hutan Primer dan Titik Kehadiran Badak Sumatera di Lapangan

Class	CA	NumP	MPS	MedPS	PSCoV	PSSD	TE	ED	MPE	MSI	AWMSI	MPAR	MPFD	AWMPFD	Titik Kehadiran	
															2011-2014	2015
HP1	26,225,60	1	26,225,60	26225,596	0	0	146,895,69	0,66	146,895,69	2,56	2,56	5,60	1,23	1,23		
HP2	441,51	1	441,51	441,51087	0	0	12,321,94	0,06	12,321,94	1,65	1,65	27,90	1,23	1,23		
HP3	34,68	1	34,68	34,682767	0	0	2,871,92	0,01	2,871,92	1,38	1,38	82,80	1,25	1,25		
HP4	0,00	1	0,00	3,801E-06	0	0	33,64	0,00	33,64	48,68	48,68	8,851,931,80	1,00	1,00		
HP5	9,97	1	9,97	9,9661498	0	0	2,398,00	0,01	2,398,00	2,14	2,14	240,60	1,35	1,35		
HP6	3,48	1	3,48	3,4770759	0	0	1,096,32	0,00	1,096,32	1,66	1,66	315,30	1,34	1,34		
HP7	2,61	1	2,61	2,6122479	0	0	1,413,76	0,01	1,413,76	2,47	2,47	541,20	1,43	1,43		
HP8	7,42	1	7,42	7,4244378	0	0	2,564,74	0,01	2,564,74	2,66	2,66	345,40	1,40	1,40		
HP9	0,58	1	0,58	0,5844113	0	0	476,24	0,00	476,24	1,76	1,76	814,90	1,42	1,42		
HP10	0,25	1	0,25	0,2453295	0	0	350,97	0,00	350,97	2,00	2,00	1,430,60	1,50	1,50		
HP11	0,15	1	0,15	0,1469081	0	0	193,59	0,00	193,59	1,42	1,42	1,317,80	1,44	1,44		
HP12	11,41	1	11,41	11,411086	0	0	4,234,55	0,02	4,234,55	3,54	3,54	371,10	1,43	1,43		
HP13	14,39	1	14,39	14,391518	0	0	1,804,49	0,01	1,804,49	1,34	1,34	125,40	1,26	1,26		
HP14	22,96	1	22,96	22,961399	0	0	2,766,98	0,01	2,766,98	1,63	1,63	120,50	1,28	1,28		
HP15	13,51	1	13,51	13,505809	0	0	1,900,61	0,01	1,900,61	1,46	1,46	140,70	1,28	1,28		
HP16	0,18	1	0,18	0,1767663	0	0	297,32	0,00	297,32	1,99	1,99	1,682,00	1,52	1,52		
HP17	14,98	1	14,98	14,97823	0	0	2,344,74	0,01	2,344,74	1,71	1,71	156,50	1,30	1,30		
HP18	6,57	1	6,57	6,5672512	0	0	1,319,02	0,01	1,319,02	1,45	1,45	200,80	1,30	1,30		
HP19	16,63	1	16,63	16,62958	0	0	2,732,69	0,01	2,732,69	1,89	1,89	164,30	1,32	1,32		
HP20	10,59	1	10,59	10,593627	0	0	1,503,57	0,01	1,503,57	1,30	1,30	141,90	1,26	1,26		
HP21	5,87	1	5,87	5,8702452	0	0	977,10	0,00	977,10	1,14	1,14	166,40	1,25	1,25		
HP22	3,46	1	3,46	3,4645594	0	0	723,72	0,00	723,72	1,10	1,10	208,90	1,26	1,26		
HP23	8,36	1	8,36	8,3582713	0	0	1,364,70	0,01	1,364,70	1,33	1,33	163,30	1,27	1,27		
HP24	1,62	1	1,62	1,6247024	0	0	494,40	0,00	494,40	1,09	1,09	304,30	1,28	1,28		
HP25	0,38	1	0,38	0,3775058	0	0	488,45	0,00	488,45	2,24	2,24	1,293,90	1,50	1,50		
HP26	0,17	1	0,17	0,1706093	0	0	206,65	0,00	206,65	1,41	1,41	1,211,30	1,43	1,43		
HP27	3,79	1	3,79	3,785087	0	0	981,32	0,00	981,32	1,42	1,42	259,30	1,31	1,31		
HP28	24,06	1	24,06	24,060321	0	0	2,895,16	0,01	2,895,16	1,67	1,67	120,30	1,29	1,29		
HP29	6,16	1	6,16	6,1640652	0	0	1,194,26	0,01	1,194,26	1,36	1,36	193,70	1,28	1,28		
HP30	20,09	1	20,09	20,093606	0	0	2,183,30	0,01	2,183,30	1,37	1,37	108,70	1,26	1,26		
HP31	2,60	1	2,60	2,6009992	0	0	919,51	0,00	919,51	1,61	1,61	353,50	1,34	1,34		

Lampiran 3. Lanjutan...

Class	CA	NumP	MPS	MedP5	PSCov	PSSD	TE	ED	MPE	MSI	AWMSI	MPAR	MPFD	AWMPFD	Titik Kehadiran	
															2011-2014	2015
HP32	12,92	1	12,92	12,922987	0	0	2.121,58	0,01	2.121,58	1,66	1,66	164,20	1,30	1,30		
HP33	4,60	1	4,60	4,5983775	0	0	1.148,78	0,01	1.148,78	1,51	1,51	249,80	1,31	1,31		
HP34	1,73	1	1,73	1,72539	0	0	544,04	0,00	544,04	1,17	1,17	315,30	1,29	1,29		
HP35	7,09	1	7,09	7,0871075	0	0	1.488,52	0,01	1.488,52	1,58	1,58	210,00	1,31	1,31		
HP36	35,10	1	35,10	35,103119	0	0	3.894,19	0,02	3.894,19	1,85	1,85	110,90	1,29	1,29		
HP37	14.260,62	1	14.260,62	14260,617	0	0	197.651,96	0,89	197.651,96	4,67	4,67	13,90	1,30	1,30	4	
HP38	1.893,59	1	1.893,59	1.893,5911	0	0	51.897,35	0,23	51.897,35	3,36	3,36	27,40	1,30	1,30		
HP39	0,11	1	0,11	0,1070058	0	0	176,05	0,00	176,05	1,52	1,52	1.645,20	1,48	1,48		
HP40	7,10	1	7,10	7,0953528	0	0	1.282,69	0,01	1.282,69	1,36	1,36	180,80	1,28	1,28		
HP41	1,30	1	1,30	1,297302	0	0	535,20	0,00	535,20	1,33	1,33	412,50	1,33	1,33		
HP42	8,08	1	8,08	8,0792273	0	0	1.460,13	0,01	1.460,13	1,45	1,45	180,70	1,29	1,29		
HP43	0,44	1	0,44	0,4440766	0	0	277,16	0,00	277,16	1,17	1,17	624,10	1,34	1,34		
HP44	100.502,87	1	100.502,87	100502,87	0	0	621.914,23	2,79	621.914,23	5,53	5,53	6,20	1,29	1,29	296	61
HP45	0,45	1	0,45	0,4476306	0	0	445,00	0,00	445,00	1,88	1,88	994,10	1,45	1,45		
HP46	0,99	1	0,99	0,9852064	0	0	461,79	0,00	461,79	1,31	1,31	468,70	1,33	1,33		
HP47	44,36	1	44,36	44,355813	0	0	4.864,54	0,02	4.864,54	2,06	2,06	109,70	1,31	1,31		
HP48	0,00	1	0,00	2,227E-05	0	0	533,11	0,00	533,11	318,65	318,65	23.934.349,00	1,00	1,00		
HP49	30.612,88	1	30.612,88	30612,885	0	0	303.541,38	1,36	303.541,38	4,89	4,89	9,90	1,29	1,29	1	
HP50	37,07	1	37,07	37,071898	0	0	3.557,48	0,02	3.557,48	1,65	1,65	96,00	1,28	1,28		
HP51	370,81	1	370,81	370,80778	0	0	16.563,84	0,07	16.563,84	2,43	2,43	44,70	1,28	1,28		
HP52	7,78	1	7,78	7,7814336	0	0	1.513,21	0,01	1.513,21	1,53	1,53	194,50	1,30	1,30		
HP53	3,33	1	3,33	3,3271713	0	0	1.236,32	0,01	1.236,32	1,91	1,91	371,60	1,37	1,37		
HP54	18,53	1	18,53	18,527006	0	0	2.742,19	0,01	2.742,19	1,80	1,80	148,00	1,31	1,31		
HP55	7,20	1	7,20	7,196475	0	0	1.181,24	0,01	1.181,24	1,24	1,24	164,10	1,27	1,27		
HP56	3,43	1	3,43	3,4271714	0	0	806,20	0,00	806,20	1,23	1,23	235,20	1,28	1,28		
HP57	42,24	1	42,24	42,235306	0	0	4.188,63	0,02	4.188,63	1,82	1,82	99,20	1,29	1,29		
HP58	22,19	1	22,19	22,19052	0	0	2.931,99	0,01	2.931,99	1,76	1,76	132,10	1,30	1,30		
HP59	9,28	1	9,28	9,2768383	0	0	1.792,68	0,01	1.792,68	1,66	1,66	193,20	1,31	1,31		
HP60	4,65	1	4,65	4,645056	0	0	831,21	0,00	831,21	1,09	1,09	178,90	1,25	1,25		
HP61	13,32	1	13,32	13,318313	0	0	2.498,16	0,01	2.498,16	1,93	1,93	187,60	1,33	1,33		
HP62	6,11	1	6,11	6,1071918	0	0	1.264,33	0,01	1.264,33	1,44	1,44	207,00	1,30	1,30		

Lampiran 3. Lanjutan...

Class	CA	NumP	MPS	MedPS	PSCov	PSSD	TE	ED	MPE	MSI	AWMSI	IMPAR	MPFD	AWMPFD	Titik Kehadiran	
															2011-2014	2015
HP63	14,17	1	14,17	14,171928	0	0	2.263,34	0,01	2.263,34	1,70	1,70	159,70	1,30	1,30		
HP64	485,72	1	485,72	485,71906	0	0	15.676,15	0,07	15.676,15	2,01	2,01	32,30	1,25	1,25		
HP65	151,11	1	151,11	151,11228	0	0	10.111,15	0,05	10.111,15	2,32	2,32	66,90	1,30	1,30		
HP66	332,84	1	332,84	332,83733	0	0	17.648,12	0,08	17.648,12	2,73	2,73	53,00	1,30	1,30		
HP67	70,30	1	70,30	70,302478	0	0	4.455,90	0,02	4.455,90	1,50	1,50	63,40	1,25	1,25		
HP68	27,16	1	27,16	27,162869	0	0	4.119,75	0,02	4.119,75	2,23	2,23	151,70	1,33	1,33		
HP69	728,61	1	728,61	728,60642	0	0	26.775,37	0,12	26.775,37	2,80	2,80	36,70	1,29	1,29		
HP70	10,16	1	10,16	10,160658	0	0	1.886,84	0,01	1.886,84	1,67	1,67	185,70	1,31	1,31		
HP71	89,50	1	89,50	89,495186	0	0	6.578,64	0,03	6.578,64	1,96	1,96	73,50	1,28	1,28		
HP72	17,04	1	17,04	17,036894	0	0	2.030,04	0,01	2.030,04	1,39	1,39	119,20	1,26	1,26		
HP73	200,18	1	200,18	200,17645	0	0	12.034,54	0,05	12.034,54	2,40	2,40	60,10	1,30	1,30		
HP74	5,20	1	5,20	5,2028941	0	0	1.468,56	0,01	1.468,56	1,82	1,82	282,30	1,34	1,34		
HP75	3,37	1	3,37	3,3721624	0	0	783,56	0,00	783,56	1,20	1,20	232,40	1,28	1,28		
HP76	21,45	1	21,45	21,45338	0	0	2.515,97	0,01	2.515,97	1,53	1,53	117,30	1,28	1,28		
HP77	188,62	1	188,62	188,61792	0	0	7.648,13	0,03	7.648,13	1,57	1,57	40,50	1,24	1,24		
HP78	85,07	1	85,07	85,06943	0	0	4.394,54	0,02	4.394,54	1,34	1,34	51,70	1,23	1,23		
HP79	4,46	1	4,46	4,4552814	0	0	938,42	0,00	938,42	1,25	1,25	210,60	1,28	1,28		
HP80	103,46	1	103,46	103,46232	0	0	5.355,77	0,02	5.355,77	1,49	1,49	51,80	1,24	1,24		
HP81	10,24	1	10,24	10,243234	0	0	1.617,71	0,01	1.617,71	1,43	1,43	157,90	1,28	1,28		
HP82	2,73	1	2,73	2,7339488	0	0	817,66	0,00	817,66	1,40	1,40	299,10	1,31	1,31		
HP83	28,29	1	28,29	28,288404	0	0	3.709,14	0,02	3.709,14	1,97	1,97	131,10	1,31	1,31		
HP84	18,52	1	18,52	18,516063	0	0	2.471,92	0,01	2.471,92	1,62	1,62	133,50	1,29	1,29		
HP85	25,96	1	25,96	25,962648	0	0	3.113,18	0,01	3.113,18	1,72	1,72	119,90	1,29	1,29		
HP86	10,64	1	10,64	10,642626	0	0	1.601,85	0,01	1.601,85	1,39	1,39	150,50	1,27	1,27		
HP87	738,91	1	738,91	738,91133	0	0	25.068,69	0,11	25.068,69	2,60	2,60	33,90	1,28	1,28		
HP88	65,82	1	65,82	65,823776	0	0	4.126,07	0,02	4.126,07	1,43	1,43	62,70	1,24	1,24		
HP89	14,02	1	14,02	14,016884	0	0	1.517,10	0,01	1.517,10	1,14	1,14	108,20	1,24	1,24		
HP90	29,574,44	1	29,574,44	29,574,436	0	0	318.758,42	1,43	318.758,42	5,23	5,23	10,80	1,30	1,30		
HP91	21,52	1	21,52	21,518993	0	0	2.692,94	0,01	2.692,94	1,64	1,64	125,10	1,29	1,29		
HP92	1,21	1	1,21	1,2094914	0	0	452,45	0,00	452,45	1,16	1,16	374,10	1,30	1,30		
HP93	0,01	1	0,01	0,0053163	0	0	34,52	0,00	34,52	1,34	1,34	6.492,60	1,78	1,78		

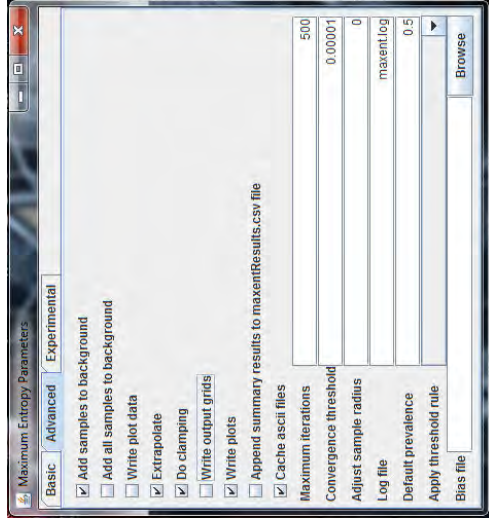
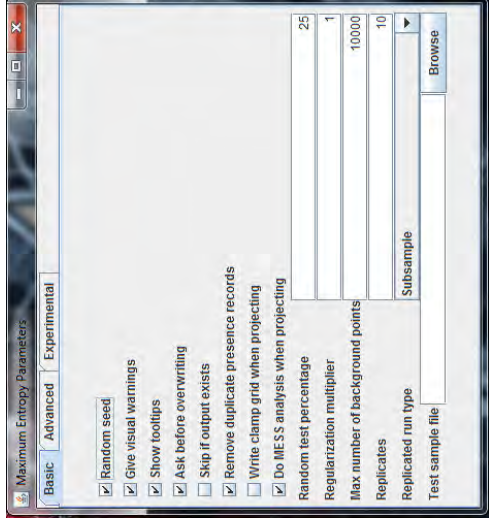
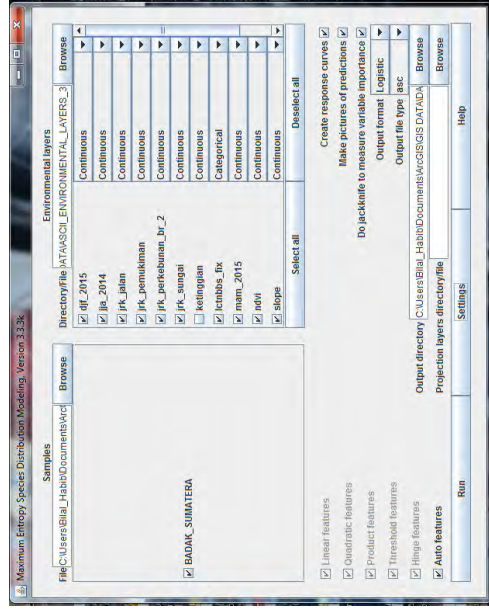
Lampiran 3. Lanjutan...

Class	CA	NumP	MPS	MedP5	PSCov	PSSD	TE	ED	MPE	MSI	AWMSI	MPAR	MPFD	AWMPFD	Titik Kehadiran	
															2011-2014	2015
HP94	1.13	1	1.13	1.1330982	0	0	513.05	0.00	513.05	1.36	1.36	452.80	1.34	1.34		
HP95	12.79	1	12.79	12.787113	0	0	1.529.55	0.01	1.529.55	1.21	1.21	119.60	1.25	1.25		
HP96	5.12	1	5.12	5.1151141	0	0	977.07	0.00	977.07	1.22	1.22	191.00	1.27	1.27		
HP97	0.00	1	0.00	0.0033135	0	0	40.38	0.00	40.38	1.98	1.98	12.185.00	2.00	2.00		
HP98	6.98	1	6.98	6.9784311	0	0	1.264.64	0.01	1.264.64	1.35	1.35	181.20	1.28	1.28		
HP99	39.28	1	39.28	39.276058	0	0	3.909.63	0.02	3.909.63	1.76	1.76	99.50	1.28	1.28		
HP100	5.29	1	5.29	5.2863329	0	0	1.072.88	0.00	1.072.88	1.32	1.32	203.00	1.28	1.28		
HP101	1.63	1	1.63	1.630079	0	0	544.20	0.00	544.20	1.20	1.20	333.80	1.30	1.30		
HP102	19.23	1	19.23	19.229183	0	0	3.387.47	0.02	3.387.47	2.18	2.18	176.20	1.34	1.34		
HP103	1.24	1	1.24	1.2432821	0	0	447.83	0.00	447.83	1.13	1.13	360.20	1.29	1.29		
HP104	30.73	1	30.73	30.729156	0	0	2.731.76	0.01	2.731.76	1.39	1.39	88.90	1.25	1.25		
HP105	500.46	1	500.46	500.45833	0	0	31.118.33	0.14	31.118.33	3.92	3.92	62.20	1.34	1.34		
HP106	129.95	1	129.95	129.95208	0	0	6.367.16	0.03	6.367.16	1.58	1.58	49.00	1.24	1.24		
HP107	8.27	1	8.27	8.2678081	0	0	1.616.61	0.01	1.616.61	1.59	1.59	195.50	1.31	1.31		
HP108	37.19	1	37.19	37.192262	0	0	6.175.45	0.03	6.175.45	2.86	2.86	166.00	1.36	1.36		
HP109	11.944.17	1	11.944.17	11.944.173	0	0	121.484.89	0.54	121.484.89	3.14	3.14	10.20	1.26	1.26		
HP110	1.22	1	1.22	1.2215757	0	0	450.01	0.00	450.01	1.15	1.15	368.40	1.30	1.30		
HP111	7.60	1	7.60	7.597897	0	0	1.506.80	0.01	1.506.80	1.54	1.54	198.30	1.30	1.30		
HP112	2.09	1	2.09	2.0939902	0	0	677.83	0.00	677.83	1.32	1.32	323.70	1.31	1.31		
HP113	3.70	1	3.70	3.6957378	0	0	1.567.96	0.01	1.567.96	2.30	2.30	424.30	1.40	1.40		
HP114	3.19	1	3.19	3.1946555	0	0	709.96	0.00	709.96	1.12	1.12	222.20	1.27	1.27		
HP115	4.53	1	4.53	4.5297664	0	0	1.097.48	0.00	1.097.48	1.45	1.45	242.30	1.31	1.31		
HP116	1.95	1	1.95	1.9495099	0	0	539.50	0.00	539.50	1.09	1.09	276.70	1.27	1.27		
HP117	0.81	1	0.81	0.8066824	0	0	345.86	0.00	345.86	1.09	1.09	428.70	1.30	1.30		
HP118	2.20	1	2.20	2.1964064	0	0	704.78	0.00	704.78	1.34	1.34	320.90	1.31	1.31		
HP119	1.04	1	1.04	1.0443788	0	0	926.58	0.00	926.58	2.56	2.56	887.20	1.48	1.48		
HP120	6.95	1	6.95	6.9466112	0	0	1.320.16	0.01	1.320.16	1.41	1.41	190.00	1.29	1.29		
HP121	5.00	1	5.00	4.9987438	0	0	1.502.04	0.01	1.502.04	1.90	1.90	300.50	1.35	1.35		
HP122	2.80	1	2.80	2.802223	0	0	1.061.42	0.00	1.061.42	1.79	1.79	378.80	1.36	1.36		
HP123	4.61	1	4.61	4.6082589	0	0	1.325.05	0.01	1.325.05	1.74	1.74	287.50	1.34	1.34		
HP124	6.93	1	6.93	6.9296768	0	0	1.185.12	0.01	1.185.12	1.27	1.27	171.00	1.27	1.27		

Lampiran 3. Lanjutan...

Class	CA	NumP	MPS	MedCov	PSCov	PSSD	TE	ED	MPE	MSI	AWMSI	MPAR	MPFD	AWMPFD	Titik Kehadiran	
															2011-2014	2015
HP125	1.15	1	1.15	1.1534242	0	0	431.28	0.00	431.28	1.13	1.13	373.90	1.30	1.30		
HP126	0.41	1	0.41	0.4130832	0	0	278.09	0.00	278.09	1.22	1.22	673.20	1.35	1.35		
HP127	0.62	1	0.62	0.6165058	0	0	347.60	0.00	347.60	1.25	1.25	563.80	1.34	1.34		
HP128	0.99	1	0.99	0.9855807	0	0	451.61	0.00	451.61	1.28	1.28	458.20	1.33	1.33		
HP129	7.16	1	7.16	7.161795	0	0	1.823.11	0.01	1.823.11	1.92	1.92	254.60	1.34	1.34		
HP130	0.73	1	0.73	0.7263865	0	0	387.55	0.00	387.55	1.28	1.28	533.50	1.34	1.34		
HP131	1.14	1	1.14	1.144567	0	0	464.75	0.00	464.75	1.23	1.23	406.00	1.31	1.31		
HP132	45.13	1	45.13	45.129264	0	0	5.754.90	0.03	5.754.90	2.42	2.42	127.50	1.33	1.33		
HP133	3.98	1	3.98	3.9841966	0	0	939.67	0.00	939.67	1.33	1.33	235.80	1.29	1.29		
HP134	4.06	1	4.06	4.0644262	0	0	913.29	0.00	913.29	1.28	1.28	224.70	1.28	1.28		
HP135	4.46	1	4.46	4.4577861	0	0	935.87	0.00	935.87	1.25	1.25	209.90	1.28	1.28		
HP136	1.65	1	1.65	1.6502536	0	0	506.84	0.00	506.84	1.11	1.11	307.10	1.28	1.28		
HP137	2.86	1	2.86	2.863729	0	0	729.16	0.00	729.16	1.22	1.22	254.60	1.28	1.28		
HP138	24.56	1	24.56	24.560081	0	0	2.784.64	0.01	2.784.64	1.59	1.59	113.40	1.28	1.28		
HP139	12.89	1	12.89	12.890324	0	0	1.869.30	0.01	1.869.30	1.47	1.47	145.00	1.28	1.28		
HP140	2.21	1	2.21	2.2108929	0	0	568.98	0.00	568.98	1.08	1.08	257.40	1.27	1.27		
HP141	2.38	1	2.38	2.3792573	0	0	673.30	0.00	673.30	1.23	1.23	283.00	1.29	1.29		
HP142	33.93	1	33.93	33.934847	0	0	4.191.72	0.02	4.191.72	2.03	2.03	123.50	1.31	1.31		
HP143	461.08	1	461.08	461.08035	0	0	17.031.16	0.08	17.031.16	2.24	2.24	36.90	1.27	1.27		
HP144	348.35	1	348.35	348.34947	0	0	23.037.47	0.10	23.037.47	3.48	3.48	66.10	1.33	1.33		
HP145	486.55	1	486.55	486.55035	0	0	25.112.80	0.11	25.112.80	3.21	3.21	51.60	1.32	1.32		
HP146	6.19	1	6.19	6.1894657	0	0	1.562.33	0.01	1.562.33	1.77	1.77	252.40	1.33	1.33		
HP147	14.12	1	14.12	14.116219	0	0	2.036.38	0.01	2.036.38	1.53	1.53	144.30	1.29	1.29		
HP148	7.03	1	7.03	7.0290326	0	0	1.270.35	0.01	1.270.35	1.35	1.35	180.70	1.28	1.28		
HP149	61.97	1	61.97	61.972924	0	0	7.252.33	0.03	7.252.33	2.60	2.60	117.00	1.33	1.33		
HP150	1.97	1	1.97	1.9706293	0	0	590.48	0.00	590.48	1.19	1.19	299.60	1.29	1.29		
HP151	15.47	1	15.47	15.465714	0	0	1.854.33	0.01	1.854.33	1.33	1.33	119.90	1.26	1.26		
HP152	329.89	1	329.89	329.89159	0	0	21.505.26	0.10	21.505.26	3.34	3.34	65.20	1.33	1.33		
HP153	6.31	1	6.31	6.3129574	0	0	1.122.36	0.01	1.122.36	1.26	1.26	177.80	1.27	1.27		
HP154	43.09	1	43.09	43.08937	0	0	4.379.82	0.02	4.379.82	1.88	1.88	101.60	1.29	1.29		
HP155	296.49	1	296.49	296.49036	0	0	18.372.87	0.08	18.372.87	3.01	3.01	62.00	1.32	1.32		
HP156	48.64	1	48.64	48.635216	0	0	3.345.27	0.02	3.345.27	1.35	1.35	68.80	1.24	1.24		
HP157	7.05	1	7.05	7.0482577	0	0	1.163.63	0.01	1.163.63	1.24	1.24	165.10	1.26	1.26		
HP158	0.00	1	0.00	0.0003723	0	0	16.82	0.00	16.82	2.46	2.46	45.195.60	2.00	2.00		
HP159	0.00	1	0.00	0.0020675	0	0	20.74	0.00	20.74	1.29	1.29	10.033.20	2.00	2.00		

Lampiran 4. Aplikasi MaxEnt dan Parameter Regulasi



Lampiran 5. Parameter Aplikasi Patch Analyst pada Skala Lanskap dan Kelas

