

Pemodelan Kesesuaian Habitat Badak Jawa (*Rhinoceros sondaicus* Desmarest 1822) di Taman Nasional Ujung Kulon

Habitat Suitability Modeling of Javan Rhino (*Rhinoceros sondaicus* Desmarest 1822) Ujung Kulon National Park

U Mamat Rahmat^{1*}, Yanto Santosa², Lilik Budi Prasetyo,² dan Agus Priyono Kartono²

¹Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Jalan Raya Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

²Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor
Jalan Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga PO Box 168, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 14 Mei 2012/Disetujui 14 Juni 2012

Abstract

*Javan rhino (*Rhinoceros sondaicus* Desmarest 1822) is the rarest species among 5 species of rhinos in the world. Its distribution is currently limited only in Ujung Kulon National Park (UKNP), Indonesia. Due to the small population size and its limited distribution, it is listed as critically endangered species in the IUCN Redlist. The main objectives of this research were: 1) to identify the dominant habitat components that determine the presence of javan rhino in UKNP; 2) to analyze habitat suitability of javan rhino (*Rhinoceros sondaicus* Desmarest 1822) in UKNP using geographical information system; and 3) to examine its habitat condition. Results of the research found eight components identified to be crucial for Javan rhino habitat and appropriate for spatial modelling of habitat suitability, of which four were the most dominant factors influencing the frequency of javan rhino presence. These four dominant factors were slope, distance from wallow sites, distance from rumpang (open area), and distance from beach ($p < 0.005$; R^2 81.14%). The other four crucial habitat components were distance from road patrol, distance from river, elevation, and leaf area index. Spatial modeling of habitat suitability resulted in 11% patches with low suitability, 23.7% patches with moderate suitability, and 65.2% patches with high suitability. The validity of the model was 88.6%.*

Keywords: Javan rhino, habitat suitability, preference, spatial modelling

Abstrak

*Badak jawa (*Rhinoceros sondaicus* Desmarest 1822) merupakan spesies paling langka di antara 5 spesies badak yang ada di dunia. Badak jawa merupakan satwa yang penyebarannya terbatas hanya di Taman Nasional Ujung Kulon (TNUK), Indonesia. Oleh karena ukuran populasi yang kecil dan distribusinya terbatas, badak jawa terdaftar di RedList oleh IUCN sebagai spesies terancam punah. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi komponen habitat yang berpengaruh penting terhadap keberadaan badak jawa dan menganalisis kesesuaian habitat badak jawa di TNUK menggunakan sistem informasi geografis. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 8 komponen habitat yang teridentifikasi penting bagi habitat badak jawa dan relevan untuk pemodelan spasial kesesuaian habitat yaitu jarak dari jalan patroli, jarak dari kubangan, jarak dari sungai, jarak dari pantai, jarak dari rumpang (areal yang terbuka), kemiringan lereng, ketinggian tempat, dan indeks penutupan tajuk. Faktor yang paling dominan mempengaruhi frekuensi kehadiran badak jawa adalah kemiringan lereng, jarak dari rumpang, jarak dari kubangan, dan jarak dari pantai ($p < 0,005$; R^2 81,14%). Model spasial kesesuaian habitat menghasilkan 11% area yang memiliki kesesuaian rendah, 23,7% area yang memiliki kesesuaian sedang, dan 65,2% area yang memiliki kesesuaian tinggi. Validitas model ini adalah 88,6%.*

Kata kunci: badak jawa, kesesuaian habitat, preferensi, pemodelan spasial

**Penulis untuk korespondensi, email: umat_rahmat@yahoo.com, telp. +62-87873417555*

Pendahuluan

Badak jawa (*Rhinoceros sondaicus* Desmarest 1822) merupakan spesies paling langka di antara 5 spesies badak yang ada di dunia (WWF 2009) sehingga dikategorikan sebagai *critically endangered* atau terancam punah dalam daftar *Red List Data Book* yang dikeluarkan oleh *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN) (Ellis S 2010, IRF 2010, IRF 2011). Badak jawa juga terdaftar dalam Apendiks I *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora* (CITES) sebagai jenis yang jumlahnya sangat sedikit di alam dan dikhawatirkan akan punah (Soehartono & Mardiasuti 2002).

Penyebaran badak jawa di dunia terbatas di Indonesia dan Vietnam. Di Indonesia, badak jawa hanya terdapat di Taman Nasional Ujung Kulon (TNUK) dengan populasi relatif kecil, yaitu kurang dari 44 ekor (Ellis 2010), adapun populasi badak jawa yang ada di Vietnam sudah dinyatakan punah akibat perburuan (IRF 2011; WWF 2012). Jumlah populasi badak jawa yang sedikit dan hanya terdapat di satu areal memiliki risiko kepunahan yang tinggi. Oleh karena itu, upaya untuk menjamin kelestarian populasi badak jawa dalam jangka panjang merupakan salah satu prioritas program konservasi badak jawa di Indonesia (Rahmat *et al.* 2008).

Keberadaan badak jawa di TNUK cenderung terkonsentrasi di Semenanjung Ujung Kulon, mengindikasikan bahwa tidak semua bagian ruang di TNUK menjadi habitat yang digunakan (*habitat use*) bagi badak jawa. Penyebaran badak jawa di TNUK pada umumnya berada di daerah bagian selatan Semenanjung Ujung Kulon yaitu daerah Cibandawoh, Cikeusik, Citadahan, dan Cibunar. Pada bagian utara semenanjung, penyebaran badak jawa terdapat di daerah Cigenter, Cikarang, Nyiur, Nyawaan, Cimayang, Citerjun, dan Cijengkol (Rahmat *et al.* 2008).

Kelangsungan hidup badak jawa di TNUK terancam oleh berbagai faktor seperti bencana alam (ledakan Gunung Krakatau, gempa bumi, dan tsunami), invasi langkap (Muntasib *et al.* 1997), persaingan dengan banteng (Muntasib 2000), dan penyakit (Tiura *et al.* 2006). Badak jawa juga menghadapi ancaman yang semakin meningkat dari manusia seperti pemukiman, perladangan liar, dan perambahan hutan. Badak jawa juga menghadapi perburuan liar guna memperoleh cula. Akibat berkembangnya anggapan bahwa cula badak mempunyai khasiat dalam pengobatan tradisional Cina. Selain itu, sebagai satwa yang memiliki sebaran terbatas, *inbreeding* yang dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas dari genetik berpotensi terjadi (Rahmat 2009, WWF 2009).

Untuk menyelamatkan badak jawa di TNUK diperlukan adanya langkah strategis dan rencana tindakan konservasi dalam jangka panjang secara *in situ* yang secara operasional mampu mempertahankan dan mengembangkan populasi tersebut pada suatu tingkat yang aman dari ancaman kepunahan. Strategi yang dimaksud adalah membuat rumah kedua (*second habitat*) bagi badak jawa (Rahmat 2009).

Habitat kedua bagi badak jawa harus didasarkan kepada preferensi habitat badak jawa di TNUK. Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas dan terperinci mengenai habitat preferensi badak jawa perlu dilakukan analisis spasial

(Osborne *et al.* 2001) yang dipadukan dengan analisis statistika yang tepat. Dengan melakukan kedua analisis tersebut akan diketahui keterkaitan badak jawa terhadap komponen habitat tertentu. Analisis tersebut dapat memberikan informasi yang penting dan akurat mengenai habitat badak jawa sehingga dapat mendukung pembuatan keputusan yang baik. Selain itu, analisis tersebut tidak saja dapat menampilkan informasi mengenai kondisi habitat pada waktu tertentu tetapi juga dapat digunakan untuk mengevaluasi terjadinya perubahan-perubahan berdasarkan faktor ekologi dan sosial (Austin 2002).

Studi ini mencoba untuk menggunakan data citra satelit dan teknologi sistem informasi geografis (SIG) dibantu dengan studi lapangan untuk menganalisis kondisi habitat dan memprediksi habitat yang sesuai bagi badak jawa di TNUK. Pemodelan kesesuaian habitat memprediksi kesesuaian habitat bagi spesies berdasarkan penilaian atribut habitat seperti struktur habitat, tipe habitat, dan pengaturan spasial antar komponen habitat. Model kesesuaian habitat telah menjadi alat yang digunakan baik untuk memahami karakteristik habitat yang berbeda, mengevaluasi kualitas habitat, dan mengembangkan strategi pengelolaan satwa liar (Austin 2002).

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi komponen habitat yang berpengaruh penting terhadap keberadaan badak jawa dan relevan sebagai faktor penyusun model kesesuaian habitat, serta menduga tingkat kesesuaian habitat badak jawa di TNUK. Data dan informasi komponen kunci habitat yang berperan penting dalam menentukan kesesuaian habitat dapat mendorong upaya pelestarian populasi badak jawa melalui manipulasi habitat. Selain itu, informasi yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar pembinaan habitat dalam rangka konservasi *in situ* badak jawa, bahan pertimbangan dalam penentuan lokasi habitat kedua bagi badak jawa, dan menjadi dasar penentuan zonasi TNUK.

Metode

Penelitian dilaksanakan sejak bulan Januari 2011 sampai April 2012 di kawasan Semenanjung Ujung Kulon TNUK sebagai wilayah studi dengan luas 33.389 ha. Model kesesuaian habitat (MKH) dibangun berdasarkan komponen habitat badak jawa yang diperoleh dari pengamatan dan pengukuran lapang yang telah diuji signifikansinya (Manly *et al.* 2002; Sawyer *et al.* 2009). Faktor yang digunakan sebagai penyusun model adalah faktor-faktor yang berpengaruh penting terhadap kesesuaian habitat bagi badak jawa seperti *slope*, elevasi, jarak dari jalan patroli, jarak dari sungai, jarak dari pantai, jarak dari kubangan, jarak dari rumpang, dan penutupan tajuk. Penentuan jarak antara titik kehadiran badak jawa dan jalan patroli, pantai, sungai, kubangan, dan rumpang dilakukan dengan menggunakan *euclidean distance*. Pembobotan dan skoring dibuat untuk masing-masing faktor. Bobot dari masing-masing faktor penyusun model ditentukan berdasarkan uji statistik menggunakan analisis regresi linier berganda dengan prosedur *stepwise* yang diolah dengan bantuan *software* SPSS 16 (Santoso 2010). Pemberian skor pada masing-masing *layer* terdiri dari 3 nilai skor. Nilai tertinggi menunjukkan faktor habitat yang sangat berpengaruh (nilai 3), nilai di bawahnya menunjukkan faktor habitat yang berpengaruh (nilai 2), dan

nilai terendah menunjukkan faktor habitat yang kurang berpengaruh (nilai 1). Pemberian kelas kesesuaian terdiri dari 3 kelas yaitu kesesuaian rendah, kesesuaian sedang, dan kesesuaian tinggi. Validasi model dihitung dengan persamaan [1].

$$\text{Validasi model} = \frac{n}{N} \times 100\% \quad [1]$$

keterangan:

n = jumlah badak jawa hasil *video trap* tahun 2011 pada setiap kelas kesesuaian

N = jumlah seluruh badak jawa hasil *video trap* TNUK tahun 2011.

Peubah yang diukur, metode pengumpulan, dan pengolahan data secara lengkap disajikan pada Tabel 1.

Hasil dan Pembahasan

Peubah determinan kehadiran badak jawa Hasil analisis regresi dengan metode *stepwise* menunjukkan bahwa *slope*, jarak dari rumpang, jarak dari kubangan, dan jarak dari pantai merupakan peubah yang berpengaruh paling dominan terhadap frekuensi kehadiran badak jawa pada suatu habitat terpilih. Analisis ini menghasilkan persamaan regresi [2] sebagai berikut:

$$Y = 1,220 - 0,819x_6 - 0,215x_5 - 0,169x_2 - 0,119x_4 \quad [2]$$

keterangan:

Y = frekuensi kehadiran badak jawa (m)

x_2 = jarak dari kubangan (m)

x_4 = jarak dari pantai (m)

x_5 = jarak dari rumpang (m)

x_6 = *slope* (%)

Perhitungan nilai p dari analisis ragam (*anova*) pada persamaan regresi tersebut menunjukkan bahwa keempat peubah memberikan pengaruh nyata terhadap frekuensi kehadiran badak jawa pada suatu habitat. Sifat dan besarnya

hubungan antara keempat peubah tersebut dan frekuensi kehadiran badak jawa pada suatu habitat dapat diketahui dari besarnya nilai koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi Pearson (r). Nilai R^2 sebesar 81,4% mengindikasikan bahwa keragaman frekuensi kehadiran badak jawa pada suatu habitat dipengaruhi oleh faktor *slope*, jarak dari rumpang, jarak dari kubangan, dan jarak dari pantai secara simultan sebesar 81,4%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh peubah lain yang tidak digunakan dalam model regresi.

Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa peubah yang paling mempengaruhi frekuensi kehadiran badak jawa pada suatu habitat adalah *slope*. Nilai r antara frekuensi kehadiran badak jawa pada suatu habitat dan *slope* yang ada pada lokasi habitat tersebut sebesar -0,881. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin datar kelerengan tempat (*slope*) pada suatu habitat, maka ada kecenderungan semakin tinggi frekuensi kehadiran badak jawa pada habitat tersebut. Adapun hubungan antara frekuensi kehadiran badak jawa pada suatu habitat dan jarak dari rumpang, jarak dari kubangan dan jarak dari pantai memiliki nilai r yang kuat juga dan korelasinya berbanding terbalik, berturut-turut sebesar -0,442, -0,364, dan -0,265. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin dekat jarak dengan rumpang, jarak dari kubangan, dan jarak dari pantai pada habitat maka frekuensi kehadiran badak jawa pada habitat tersebut menjadi semakin tinggi.

Nilai koefisien yang semuanya negatif mengindikasikan bahwa semakin curam suatu area, semakin jauh dengan rumpang, semakin jauh dengan kubangan, dan semakin jauh dengan pantai maka semakin tidak sesuai area tersebut sebagai habitat badak jawa. Hal ini sesuai dengan bioekologi badak jawa, peubah penduga ini merupakan representasi dari kebutuhan badak jawa akan pakan, air, dan garam mineral (Rahmat *et al.* 2008). Hal ini juga mampu menjelaskan bahwa kebutuhan badak jawa akan pakan, air

Tabel 1 Peubah yang diukur, metode pengumpulan, dan pengolahan data

| Peubah yang diukur | Metode pengumpulan data | Metode pengolahan data |
|---|---------------------------------|---|
| Lokasi indikasi badak jawa | Studi pustaka dan survei lapang | Posisi geografis badak jawa di- <i>upload</i> dalam file <i>database</i> (*.dbf) ke ArcGis 9.3 dan di- <i>overlay</i> dengan peta tipe tutupan lahan TNUK hasil interpretasi citra dari Kementerian Kehutanan |
| <i>Slope</i> dan elevasi Jarak dari sungai Jarak dari kubangan Jarak dari pantai Jarak dari rumpang Jarak dari jalan patroli <i>Leaf Area Index</i> (LAI) | Survei lapang | <i>Euclidean distance</i> , uji kebebasan (χ^2) (Gaspersz 1994), indeks Neu (Neu <i>et al.</i> 1974), regresi linier berganda (<i>stepwise</i>) (Santoso 2010) suatu area penutupan daun tiap unit area permukaan tanah. LAI berhubungan dengan iklim mikro tajuk yang mendeterminasikan dan mengontrol intersepsi air dari tajuk, penutupan radiasi matahari, pertukaran gas karbon serta merupakan suatu komponen kunci dari perputaran biogeokimia dalam ekosistem (Breda 2003). Menurut Lang <i>et al.</i> (1991) LAI dapat didefinisikan secara sederhana sebagai jumlah area permukaan daun tiap unit area permukaan tanah dan memiliki bidang aplikasi dalam ekofisiologi, pemodelan keseimbangan air dan karakterisasi dari interaksi vegetasi dan atmosfer |
| Kesesuaian habitat | Studi pustaka dan survei lapang | <i>Overlay</i> dengan pembobotan (regresi linier berganda) Validasi model = $(n/N) \times 100\%$ |

tawar, dan garam mineral berperan sebagai faktor pembatas sebagaimana dinyatakan dalam hukum minimum *Liebig*. Dalam kondisi yang normal, sumber daya yang paling penting bagi satwa liar dan berada pada jumlah yang terbatas maka sumber daya tersebut cenderung menjadi faktor pembatas (Odum 1994).

Hasil analisis regresi juga menunjukkan bahwa badak jawa memilih tetap menjadikan area yang relatif datar, berdekatan dengan rumpang, berdekatan dengan kubangan, dan berdekatan dengan pantai sebagai relung habitatnya mengingat keuntungan dengan mendiami area tersebut lebih besar daripada kerugian yang ditimbulkannya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ezhilmathi (2010) bahwa badak jawa mengembangkan perilaku mencari makan, minum, dan garam mineral yang optimal (*optimal foraging*) untuk meminimalkan kerugian yang mungkin timbul.

Kesesuaian habitat berdasarkan kemiringan lereng (*slope*) Badak jawa cenderung menyukai daerah berlereng datar hingga agak curam (Rahmat *et al.* 2008). Tempat ini dipilih sebagai tempat untuk memenuhi seluruh kebutuhan hidupnya baik makan, minum, dan berkubang. Berdasarkan hasil *intersect* antara titik-titik perjumpaan (*presence points*) badak jawa dan peta kelerengan yang diklasifikasikan menjadi 5 kelas diperoleh sebaran badak jawa menurut kelas lereng. Sebagian besar titik perjumpaan badak jawa ditemukan pada kelas lereng datar (52,81%), landai (31,02%), agak curam (12,36%),

dan sisanya di kelas lereng curam (2,81%). Hasil uji *Chi square* (χ^2) menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan antara keberadaan badak jawa dan kelerengan tempat ($p < 0,05$) (Tabel 2). Hasil uji *Chi square* (χ^2) juga menunjukkan bahwa *slope* merupakan faktor yang berpengaruh bagi badak jawa. Uji lanjutan dengan penghitungan indeks seleksi Neu (Neu *et al.* 1974) dilakukan untuk mengetahui kondisi kemiringan lereng yang paling disukai badak jawa (Tabel 3).

Perhitungan indeks seleksi (w) menunjukkan bahwa badak jawa lebih banyak menggunakan habitat dengan kondisi lereng yang datar ($w = 1,314$) dan landai ($w = 1,001$). Kondisi habitat yang agak curam dan curam memiliki nilai indeks seleksi kurang dari satu masing-masing adalah ($w = 0,758$ dan $w = 0,358$) yang berarti tidak banyak digunakan atau kurang disukai. Dengan demikian *slope* merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam penyusunan model kesesuaian habitat badak jawa. Untuk keperluan pemodelan, nilai *slope* dikelompokkan dalam 3 kelas kesesuaian (Tabel 4).

Kesesuaian habitat berdasarkan jarak dari rumpang Rumpang merupakan suatu areal yang berada di tengah atau dipinggir hutan yang relatif terbuka. Rumpang ini bisa terbentuk secara alami maupun buatan. Rumpang yang terbentuk secara alami biasanya disebabkan oleh adanya pohon-pohon yang tumbang atau akibat terjadinya kebakaran hutan.

Tabel 2 Rekapitulasi perhitungan χ^2 untuk menguji hubungan antara keberadaan badak jawa dan kelerengan tempat

| Kelas lereng | Luas (ha) | Proporsi (%) | Frekuensi observasi (O_i) | Frekuensi harapan (E_i) | $(O_i - E_i)^2 / E_i$ |
|-----------------------|-----------|--------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Datar (0 – 8%) | 13.422 | 0,402 | 94 | 71,554 | 7,041 |
| Landai (8 – 15) | 10.679 | 0,320 | 57 | 56,931 | 0,000 |
| Agak curam (15 – 25%) | 5.445 | 0,163 | 22 | 29,028 | 1,701 |
| Curam (25 – 40%) | 2.621 | 0,078 | 5 | 13,973 | 5,762 |
| Sangat curam (>40%) | 1.222 | 0,037 | 0 | 6,515 | 6,515 |
| Jumlah | 33.389 | | 178 | 178,000 | 21,019 |

Keterangan: $E_i = (3) \times (4)$ (Gaspersz 1994); $\chi^2_{hitung} = 21,019 > \chi^2_{(0,05,4)} = 9,488$

Tabel 3 Indeks seleksi Neu (Neu *et al.* 1974) untuk preferensi badak jawa terhadap kondisi kemiringan lereng habitatnya

| Kelas Lereng | Ketersediaan | | Perjumpaan badak | | Indeks | |
|---------------------|--------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| | Luas (ha) | Proporsi (a) | Tercatat (n) | Proporsi (r) | Seleksi (w) | Terstandar (b) |
| Datar (0–8%) | 13.422 | 40,20 | 94 | 52,81 | 1,314 | 0,255 |
| Landai (8–15%) | 10.679 | 31,98 | 57 | 32,02 | 1,001 | 0,194 |
| Agak curam (15–25%) | 5.445 | 16,31 | 22 | 12,36 | 0,758 | 0,147 |
| Curam (25–40%) | 2.621 | 7,85 | 5 | 2,81 | 0,358 | 0,069 |
| Sangat curam (>40%) | 1.222 | 3,66 | 0 | 0,00 | 0,000 | 0,000 |
| Jumlah | 33.389 | 100,00 | 178 | 100,00 | 3,431 | 0,665 |

Tabel 4 Klasifikasi dan skoring nilai *slope* untuk pemodelan kesesuaian habitat badak jawa

| Kelas lereng | Kategori kesesuaian | Skor |
|---------------------------|---------------------|------|
| Datar-landai (0–15%) | Tinggi | 3 |
| Agak curam (15–25%) | Sedang | 2 |
| Curam-sangat curam (>25%) | Rendah | 1 |

Hasil *intersect* antara titik-titik perjumpaan (*presence points*) badak jawa dan peta jarak dari rumpang yang ada di Semenanjung Ujung Kulon, frekuensi terbanyak ada pada jarak 0–1.000 m (92,13%) diikuti jarak 1.000–2.000 m (6,18%), dan jarak > 2.000 m (1,69%). Hasil uji *Chi square* (χ^2) menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan antara keberadaan badak jawa dan jarak dari rumpang ($p < 0,05$) (Tabel 5).

Hasil uji *Chi square* (χ^2) menunjukkan bahwa jarak dari rumpang merupakan faktor yang berpengaruh bagi badak jawa. Untuk mengetahui jarak dari rumpang yang paling disukai oleh badak jawa maka dilakukan uji lanjutan dengan penghitungan indeks seleksi Neu (Neu *et al.* 1974) sebagaimana disajikan pada Tabel 6.

Hasil perhitungan indeks seleksi (w) menunjukkan bahwa badak jawa lebih banyak menggunakan habitat yang memiliki jarak lebih dekat dengan rumpang yaitu 0–1.000 m ($w = 3,779$). Kondisi habitat dengan jarak 1.000–2.000 m dan jarak > 2000 m memiliki nilai indeks seleksi kurang dari satu (masing-masing adalah $w = 0,261$ dan $w = 0,032$) yang berarti tidak banyak digunakan atau kurang disukai. Dengan demikian jarak dari rumpang merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam penyusunan model kesesuaian habitat badak jawa. Untuk keperluan pemodelan, jarak dari rumpang dikelompokkan dalam 3 kelas kesesuaian (Tabel 7).

Kesesuaian habitat berdasarkan jarak dari kubangan
 Kubangan merupakan salah satu komponen fisik habitat yang sangat penting bagi perilaku kehidupan badak jawa.

Kubangan bagi badak jawa mempunyai fungsi yang sangat erat dalam proses penyesuaian diri terhadap beberapa perubahan keadaan lingkungan. Selain untuk berkubang dan minum, kubangan juga berfungsi sebagai tempat membuang kotoran dan air seni (Rahmat *et al.* 2008).

Berdasarkan hasil *intersect* antara titik-titik perjumpaan (*presence points*) badak jawa dan peta jarak dari kubangan yang ada di Semenanjung Ujung Kulon, frekuensi terbanyak ditemukan pada jarak 0–1.000 m (91,01%), diikuti jarak 1.000–2.000 m (8,43%), dan jarak > 2.000 m (0,56%). Uji *Chi square* (χ^2) menunjukkan terdapatnya hubungan yang signifikan antara keberadaan badak jawa dan jarak dari kubangan ($p < 0,05$) (Tabel 8).

Hasil uji *Chi square* (χ^2) menunjukkan bahwa jarak dari kubangan merupakan faktor yang berpengaruh bagi badak jawa. Untuk mengetahui jarak dari kubangan yang paling disukai oleh badak jawa maka dilakukan uji lanjutan dengan penghitungan indeks seleksi Neu (Neu *et al.* 1974) dilakukan sebagaimana disajikan pada Tabel 9.

Hasil perhitungan indeks seleksi (w) ternyata badak jawa lebih banyak menggunakan habitat yang memiliki jarak lebih dekat dengan kubangan yaitu 0–1.000 m ($w = 3,705$). Kondisi habitat dengan jarak 1.000–2.000 m dan jarak > 2.000 m memiliki nilai indeks seleksi < 1 (masing-masing adalah $w = 0,333$ dan $w = 0,011$) yang berarti tidak banyak digunakan atau kurang disukai. Dengan demikian, jarak dari kubangan merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam penyusunan model kesesuaian habitat badak jawa. Untuk keperluan pemodelan, jarak dari kubangan dikelompokkan dalam 3 kelas kesesuaian (Tabel 10).

Tabel 5 Rekapitulasi perhitungan χ^2 untuk menguji hubungan antara keberadaan badak jawa dan jarak dari rumpang

| Jarak dari rumpang | Luas (ha) | Proporsi (%) | Frekuensi observasi (O_i) | Frekuensi harapan (E_i) | $(O_i - E_i)^2 / E_i$ |
|--------------------|-----------|--------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0 – 1.000 m | 8.139 | 0,244 | 164 | 43,395 | 335,190 |
| 1.000 – 2.000 m | 7.895 | 0,236 | 11 | 42,094 | 22,969 |
| > 2.000 m | 17.351 | 0,520 | 3 | 92,511 | 86,608 |
| Jumlah | 33385 | 1,000 | 178 | 178,000 | 444,767 |

Tabel 6 Indeks seleksi Neu (Neu *et al.* 1974) untuk preferensi badak jawa terhadap jarak dari rumpang

| Jarak dari rumpang | Ketersediaan | | Perjumpaan badak | | Indeks | |
|--------------------|--------------|--------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| | Luas (ha) | Proporsi (a) | Tercatat (n) | Proporsi (r) | Seleksi (w) | Terstandar (b) |
| 0 – 1.000 m | 8.139 | 24,38 | 164 | 92,13 | 3,779 | 0,733 |
| 1.000 – 2.000 m | 7.895 | 23,65 | 11 | 6,18 | 0,261 | 0,051 |
| > 2.000 m | 17.351 | 51,97 | 3 | 1,69 | 0,032 | 0,006 |
| Jumlah | 33.385 | 100,00 | 178 | 100,00 | 4,073 | 0,790 |

Tabel 7 Klasifikasi dan skoring jarak dari rumpang untuk pemodelan kesesuaian habitat badak jawa

| Kelas jarak dari rumpang | Kategori kesesuaian | Skor |
|--------------------------|---------------------|------|
| <1.000 m | Tinggi | 3 |
| 1.000 – 2.000 m | Sedang | 2 |
| >2.000 m | Rendah | 1 |

Tabel 8 Rekapitulasi perhitungan χ^2 untuk menguji hubungan antara keberadaan badak jawa dan jarak dari kubangan

| Jarak dari kubangan | Luas (ha) | Proporsi (%) | Frekuensi observasi (O_i) | Frekuensi harapan (E_i) | $(O_i - E_i)^2 / E_i$ |
|---------------------|-----------|--------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0 – 1.000 m | 8.280 | 0,246 | 162 | 43,724 | 319,947 |
| 1.000 – 2.000 m | 8.535 | 0,253 | 15 | 45,070 | 20,063 |
| > 2.000 m | 16.893 | 0,501 | 1 | 89,206 | 87,217 |
| Jumlah | 33.708 | 1,000 | 178 | 178,000 | 427,226 |

Keterangan:

$E_i: (3) \times (4)$ (Gaspersz 1994); $\chi^2_{hitung} = 427,226 > \chi^2_{(0,05,2)} = 5,992$

Tabel 9 Indeks seleksi Neu (Neu *et al.* 1974) untuk preferensi badak jawa terhadap jarak dari kubangan

| Jarak dari kubangan | Ketersediaan | | Perjumpaan badak | | Indeks | |
|---------------------|--------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| | Luas (ha) | Proporsi (a) | Tercatat (n) | Proporsi (r) | Seleksi (w) | Terstandar (b) |
| 0 – 1.000 m | 8.280 | 24,56 | 162 | 91,01 | 3,705 | 0,719 |
| 1.000 – 2.000 m | 8.535 | 25,32 | 15 | 8,43 | 0,333 | 0,065 |
| > 2.000 m | 16.893 | 50,12 | 1 | 0,56 | 0,011 | 0,002 |
| Jumlah | 33.708 | 100,00 | 178 | 100,00 | 4,049 | 0,785 |

Tabel 10 Klasifikasi dan skoring jarak dari kubangan untuk pemodelan kesesuaian habitat badak jawa

| Kelas jarak dari kubangan | Kategori kesesuaian | Skor |
|---------------------------|---------------------|------|
| < 1.000 m | Tinggi | 3 |
| 1.000–2.000 m | Sedang | 2 |
| >2.000 m | Rendah | 1 |

Tabel 11 Rekapitulasi perhitungan χ^2 untuk menguji hubungan antara keberadaan badak jawa dan jarak dari pantai

| Jarak dari pantai | Luas (ha) | Proporsi (%) | Frekuensi observasi (O_i) | Frekuensi harapan (E_i) | $(O_i - E_i)^2 / E_i$ |
|-------------------|-----------|--------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0–1.000 m | 10.760 | 0,322 | 106 | 57,369 | 41,223 |
| 1.000–2.000 m | 8.424 | 0,252 | 44 | 44,915 | 0,019 |
| > 2.000 m | 14.201 | 0,425 | 28 | 75,716 | 30,070 |
| Jumlah | 33.385 | 1,000 | 178 | 178,000 | 71,312 |

Keterangan:

$E_i: (3) \times (4)$ (Gaspersz 1994); $\chi^2_{hitung} = 71,312 > \chi^2_{(0,05,2)}$

Kesesuaian habitat berdasarkan jarak dari pantai

Badak jawa di TNUK akan mendatangi pantai atau sumber air payau untuk memenuhi kebutuhan akan garam mineral. Dengan demikian ada kecenderungan badak jawa menyukai tipe habitat yang berdekatan dengan pantai (Rahmat *et al.* 2008). Berdasarkan hasil *intersect* antara titik-titik perjumpaan (*presence points*) badak jawa dan peta jarak dari pantai yang ada di Semenanjung Ujung Kulon, frekuensi terbanyak ditemukan pada jarak 0–1.000 m (59,55%), diikuti jarak 1.000–2.000 m (24,72%), dan jarak > 2000 m (15,73%). Hasil uji *Chi square* (χ^2) menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan antara keberadaan badak jawa dengan jarak dari pantai ($p < 0,05$) sebagaimana disajikan pada (Tabel 11). Hasil uji *Chi square* (χ^2) juga menunjukkan bahwa jarak dari pantai merupakan faktor yang berpengaruh bagi badak jawa. Uji lanjutan dengan penghitungan indeks seleksi Neu (Neu *et al.* 1974) dilakukan untuk mengetahui jarak dari pantai yang

paling disukai oleh badak.

Perhitungan indeks seleksi (w) menunjukkan bahwa badak jawa lebih banyak menggunakan habitat yang memiliki jarak lebih dekat dengan pantai yaitu 0–1.000 m ($w = 1,848$). Kondisi habitat dengan jarak 1.000–2.000 m dan jarak > 2.000 m memiliki nilai indeks seleksi < 1 (masing-masing adalah $w = 0,980$ dan $w = 0,370$) yang berarti tidak banyak digunakan atau kurang disukai. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa jarak dari pantai merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam penyusunan model kesesuaian habitat badak jawa. Untuk keperluan pemodelan, jarak dari pantai dikelompokkan ke dalam 3 kelas kesesuaian (Tabel 13).

Penentuan nilai nobot peubah Penentuan nilai bobot dilakukan dengan analisis regresi linier berganda prosedur *stepwise* yang menghasilkan 4 peubah yang signifikan dari 8 peubah yang dianalisis. Keempat peubah tersebut yaitu *slope*,

Tabel 12 Indeks seleksi Neu (Neu *et al.* 1974) untuk preferensi badak jawa terhadap jarak dari pantai

| Jarak dari pantai | Ketersediaan | | Perjumpaan badak | | Indeks | |
|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| | Luas (ha) | Proporsi (<i>a</i>) | Tercatat (<i>n</i>) | Proporsi (<i>r</i>) | Seleksi (<i>w</i>) | Terstandar (<i>b</i>) |
| 0–1.000m | 10.760 | 32,23 | 106 | 59,55 | 1,848 | 0,358 |
| 1.000–2.000 m | 8.424 | 25,23 | 44 | 24,72 | 0,980 | 0,190 |
| > 2.000 m | 14.201 | 42,54 | 28 | 15,73 | 0,370 | 0,072 |
| Jumlah | 33385 | 100,00 | 178 | 100,00 | 3,197 | 0,620 |

Tabel 13 Klasifikasi dan skoring jarak dari pantai untuk pemodelan kesesuaian habitat badak jawa

| Kelas jarak dari pantai | Kategori kesesuaian | Skor |
|-------------------------|---------------------|------|
| < 1.000 m | Tinggi | 3 |
| 1.000–2.000 m | Sedang | 2 |
| >2.000 m | Rendah | 1 |

Tabel 14 Bobot peubah kesesuaian habitat badak jawa

| Peubah penyusun model | Nilai bobot hasil <i>stepwise</i> |
|-----------------------|-----------------------------------|
| <i>Slope</i> | 0,819 |
| Jarak dari rumpang | 0,215 |
| Jarak dari kubangan | 0,169 |
| Jarak dari pantai | 0,119 |

Tabel 15 Pembagian selang kelas kesesuaian habitat badak jawa

| Kategori | Selang nilai | Skor | Klasifikasi kesesuaian |
|-----------------|--|-------------|------------------------|
| KH ₁ | Minimum – (<i>mean</i> – Std) | 0,169–2,004 | Rendah |
| KH ₂ | (<i>mean</i> –Std) – (<i>mean</i> + Std) | 2,004–2,969 | Sedang |
| KH ₃ | (<i>Mean</i> + Std) – Maksimum | 2,969–3,966 | Tinggi |

Keterangan: Std = standard deviasi; KH = kesesuaian habitat

jarak dari rumpang, jarak dari kubangan, dan jarak dari pantai. Peubah *slope* merupakan aspek topografi yang sangat penting dan menjadi prasyarat bagi keberadaan badak jawa pada suatu habitat tertentu. Jarak dari rumpang berkaitan dengan ketersediaan sumber hijauan pakan badak jawa. Jarak dari kubangan berkaitan dengan ketersediaan air bagi kebutuhan badak jawa yaitu untuk minum, mandi, dan berkubang. Jarak dari pantai berkaitan dengan ketersediaan garam mineral yang sangat dibutuhkan oleh badak jawa. Pada prinsipnya, analisis regresi linier berganda menggunakan prosedur *stepwise* akan menghasilkan sejumlah peubah yang terbebas dari kondisi multikolinieritas. Data yang digunakan dalam analisis regresi linier berganda adalah data sebaran badak jawa berdasarkan hasil survei lapang dalam penelitian ini. Faktor bobot merefleksikan kepentingan relatif dari peubah-peubah kesesuaian habitat (Tabel 14).

Dengan demikian, model kesesuaian habitat bagi badak jawa di TNUK adalah sebagai berikut:

$$MKH = (0,819F_{x_6}) + (0,215F_{x_5}) + (0,169F_{x_2}) + (0,119F_{x_4})$$

keterangan:

- MKH = model kesesuaian habitat
- F_{x_2} = skor kesesuaian jarak dari kubangan
- F_{x_4} = skor kesesuaian jarak dari pantai
- F_{x_5} = skor kesesuaian jarak dari rumpang
- F_{x_6} = skor kesesuaian *slope*

Analisis kesesuaian habitat Analisis spasial dengan metode *scoring*, pembobotan, dan *overlay* menghasilkan nilai piksel terendah 0,169 dan tertinggi 3,966. Standar deviasi data yang dihasilkan sebesar 0,482 dan rerata (*mean*) sebesar 2,487. Berdasarkan hasil pengolahan data tersebut, pembagian selang untuk kelas kesesuaian habitat badak jawa dapat ditentukan kesesuaian habitat jawa di TNUK (Tabel 15 dan Gambar 1).

Validasi hasil *overlay* Validasi ditujukan untuk mengetahui tingkat kepercayaan terhadap model yang dibangun. Data yang digunakan merupakan data hasil inventarisasi badak jawa di TNUK tahun 2011 dengan menggunakan *video trap*. Uji validasi tersebut merupakan uji validasi lapangan. Validasi dilakukan dengan mencocokkan hasil analisis spasial dengan data distribusi badak jawa.

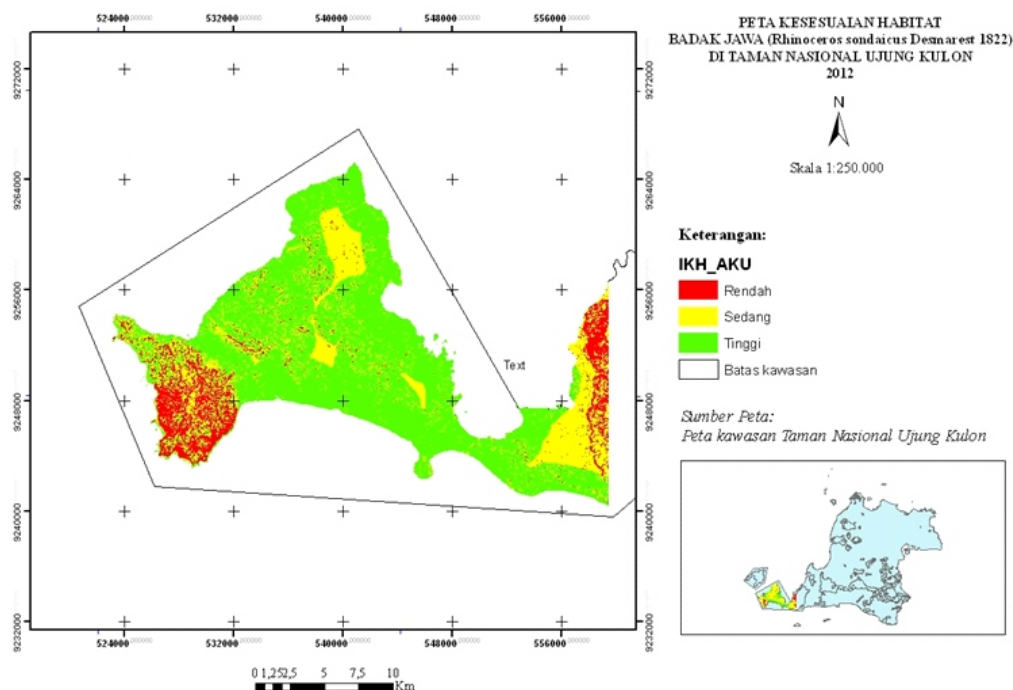
Berdasarkan uji validasi ternyata model yang dibangun mempunyai tingkat validitas memprediksi habitat badak jawa yang kesesuaiannya tinggi yaitu 88,57% dan kesesuaian sedang dan rendah (berturut-turut adalah 11,43% dan 0%). Hasil validasi tingkat kesesuaian habitat badak jawa di TNUK disajikan pada Tabel 16.

Kesimpulan

Kehadiran badak jawa pada suatu habitat sangat dipengaruhi oleh faktor biofisik habitat itu sendiri. Komponen habitat yang paling dominan mempengaruhi

Tabel 16. Validasi model kesesuaian habitat badak jawa di TNUK

| Skor | Kelas kesesuaian | Luas (ha) | Proporsi luas (%) | Jumlah badak | Validasi (%) |
|-------------|------------------|-----------|-------------------|--------------|--------------|
| 0,169–2,004 | Rendah | 2.687 | 11,0 | 0 | 0 |
| 2,004–2,969 | Sedang | 19.215 | 23,7 | 4 | 11,43 |
| 2,969–3,966 | Tinggi | 11.487 | 65,2 | 31 | 88,57 |
| Jumlah | | 33.389 | 100,0 | 35 | 100 |



Gambar 1 Kesesuaian habitat badak jawa (*Rhinoceros sondaicus* Desmarest 1822) di TNUK.

frekuensi kehadiran badak jawa pada suatu habitat yang disukai adalah *slope*, jarak dari rumpang, jarak dari kubangan, dan jarak dari pantai. Sebagian besar kawasan TNUK masih merupakan habitat yang baik dan sesuai bagi kehidupan badak jawa. Habitat yang masih baik dan sesuai bagi kehidupan badak jawa antara lain adalah blok Cibandawoh, Cikeusik, Citadahan, Cibunar, Cijengkol, Citerjun, Cimayang, Nyiur, dan Cigenter.

Saran

Pemodelan kesesuaian habitat (*habitat suitability modeling*) badak jawa menjadi sangat penting untuk pengelolaan populasi dan habitat badak jawa terutama berkaitan dengan upaya translokasi badak jawa. Oleh karena itu, model spasial kesesuaian habitat ini bisa dijadikan dasar pertimbangan dan landasan dalam upaya konservasi badak jawa.

Daftar Pustaka

Austin MP. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modeling. *Journal of Ecological Modelling*

157 (2002):101–118. [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00205-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00205-3).

Ellis S. 2010. Loss of a second critically endangered Javan Rhino points to dire need for conservation action. *Journal of The Rhino Print (Newsletter of the Asian Rhino Project)* 8 : 3–4.

Ezhilmathi S. 2010. Foraging behaviour of the microchiropteran bat, *Hipposideros ater* on chosen insect pests. *Journal of Biopesticides* 3 (1 Special Issue): 68–73.

Gaspersz V. 1994. *Metode Perancangan Percobaan untuk Ilmu-Ilmu Pertanian, Ilmu-Ilmu Teknik Biologi*. Bandung: Armico.

Hariyadi ARS. 2010. Javan rhino survey using video traps. *Journal of The Rhino Print (Newsletter of the Asian Rhino Project)* 8 : 5–6.

IRF. 2010. Operation Javan rhino: providing a safety net for a species. *Journal of Pamphlet distributed by IRF* :1–5.

- IRF. 2011. Javan rhino update June 2011. *Journal of The Rhino Print (Newsletter of the Asian Rhino Project)*: 2–4.
- Manly BF, McDonald L, Thomas DL, McDonald T, Erickson W. 2002. *Resource Selection by Animals: Statistical Design and Analysis for Field Studies*. Second Edition. Boston, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.
- Muntasib EKSH. 2000. The changes of feeding pattern of banteng (*Bos javanicus*) and its effect to Javan rhino (*Rhinoceros sondaicus*) in Ujung Kulon National Park, West Java. *Journal of Media Konservasi* 7(3):71–74.
- Muntasib EKSH, Putro HR, Mas'ud B, Rinaldi D, Arief H, Mulyani YA, Rushayati SB, Prayitno W, Mulyadi K. 1997. Panduan pengelolaan habitat badak jawa (*Rhinoceros sondaicus* Desm. 1822) di TN Ujung Kulon. *Media Konservasi Edisi Khusus*:1–15.
- Neu CW, Byers CR, Peek JM. 1974. A technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management* 38: 541 – 545 .
<http://dx.doi.org/10.2307/3800887>.
- Odum EP. 1994. *Fundamentals of Ecology*. Third Edition. Samingan T, penerjemah. 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 .
<http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00604.x>.
- Rahmat UM, Santosa Y, Kartono AP. 2008. Analisis preferensi habitat badak jawa (*Rhinoceros sondaicus*, Desmarest 1822) di Taman Nasional Ujung Kulon. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 14 (3):115–124
- Rahmat UM. 2009. Genetika populasi dan strategi konservasi badak jawa (*Rhinoceros sondaicus* Desmarest 1822). *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 15(2):83–90.
- Santoso S. 2010. *Statistik Multivariat: konsep dan aplikasi dengan SPSS*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Sawyer H, Nielson R, Hicks. 2009. *Distribution and Habitat Selection Pattern of Mountain Sheep in the Laramie Range*. Cheyenne, Wyoming: Western Ecosystems Technology Inc.
- Soehartono T, Mardiasuti A. 2002. *CITES Implementation in Indonesia*. Jakarta: Nagao Natural Environment Foundation.
- Tiuria R, Primawidyanawan A, Pangihutan J, Warsito J, Hariyadi ARS, Handayani SU, Priosoeryanto BP. 2006. Identification of endoparasites from faeces of Javan rhino (*Rhinoceros sondaicus*) in Ujung Kulon National Park, Indonesia. Di dalam: *Journal of Proceedings AZWMP 2006*; Bangkok, 26–29 Oktober 2006 . hal 31.
- WWF Queen's University Canada. 2009. Javan rhino genetic study: development of molecular tools. *Journal of e-Newsletter of Rhino Care* (1):1.
- [WWF] World Wide Found for Nature. 2012. Javan rhino extinct in Vietnam. *Journal Newsletter of WWF Singapore*:5.