

Ramalan Kesesuaian Habitat Rusa Sambar (*Rusa unicolor*) di Kompleks Hutan Utama Taman Negara dan Sekitarnya

(Prediction of Habitat Suitability of Sambar Deer (*Rusa unicolor*) in the Main Forest Complex of the National Park
and Their Surroundings)

NUR FATIN KHODRI¹, TUKIMAT LIHAN^{1,*}, MUZNEENA AHMAD MUSTAPHA¹, TAHERAH MOHD TAHER¹, NURUL
ATIKAH TAJUL ARIFFIN¹, NUR IZZATI ABDULLAH², NURUL DARSANI AMAT DARBIS³, SITI HAJAR ATIQA
RAZALI⁴ & SHUKOR MD NOR²

¹Jabatan Sains Bumi dan Alam Sekitar, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM
Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

²Jabatan Biologi dan Bioteknologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi,
Selangor Darul Ehsan, Malaysia

³TNB Research Sdn. Bhd. No. 1, Lorong Ayer Hitam, Kawasan Institut Penyelidikan, 43000 Kajang, Selangor Darul
Ehsan, Malaysia, Malaysia

⁴Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara Negeri Melaka, Aras 18, Menara Persekutuan, Jalan
Persekutuan, Hang Tuah Jaya, 75450 Ayer Keroh, Melaka, Malaysia

Diserahkan: 8 April 2022/Diterima: 8 November 2022

ABSTRAK

Populasi rusa sambar (*Rusa unicolor*) mengalami penurunan dan dikategorikan sebagai rentan oleh Kesatuan Antarabangsa untuk Pemuliharaan Alam dan Sumber Asli pada tahun 2014. Objektif kajian ini untuk mengenal pasti faktor sekitaran yang mempengaruhi kesesuaian habitat rusa sambar, yang terdiri daripada kecerunan, ketinggian, guna tanah, jarak daripada bandar, jarak daripada sungai dan litologi dianalisis menggunakan sistem maklumat geografi (GIS). Data kehadiran rusa sambar dari tahun 1992-2008 diintegrasikan dengan faktor sekitaran menggunakan model entropi maksimum untuk mengenal pasti habitat yang sesuai bagi rusa sambar di kompleks hutan utama Taman Negara. Hasil kajian ini menunjukkan jarak dari sungai menyumbang peratusan paling tinggi dalam model kesesuaian habitat iaitu 47.7%. Manakala jarak dari bandar, jenis guna tanah, ketinggian, kecerunan dan litologi menyumbang sebanyak 21.8%, 16.1%, 7.2%, 6.7% dan 0.4%. Habitat yang sesuai bagi rusa sambar meliputi 37% daripada keseluruhan kawasan kajian (2,218,389 hektar). Kajian penentuan potensi habitat rusa sambar yang sesuai di kompleks hutan utama Taman Negara penting untuk pengurusan hidupan liar seperti aktiviti pelepasan semula.

Kata kunci: Entropi maksimum; kesesuaian habitat; rusa sambar; sistem maklumat geografi

ABSTRACT

The sambar deer (*Rusa unicolor*) population has declined and was categorized as vulnerable by the International Union for Conservation of Nature Red List in 2014. The objective of this study was to identify environmental factors that influence the habitat suitability of sambar deer, consisting of slope, elevation, land use, distance from urban, distance from river, and lithology analyzed using geographic information system (GIS). Sambar deer presence data from 1992-2008 were integrated with environmental factors using a maximum entropy model to identify suitable habitats for sambar deer in the main forest complex of Taman Negara. The results of this study showed that the distance from the river contributed the most to the habitat suitability model of sambar deer, at 47.7%. While distance from urban, land use type, elevation, slope and lithology accounted for 21.8%, 16.1%, 7.2%, 6.7%, and 0.4%, respectively. Suitable habitats for sambar deer cover 37% of the total study area (2,218,389 hectares). The determination of the potential suitable sambar deer habitat in the main forest complex of Taman Negara is important for wildlife management such as re-release activities.

Keywords: Geographical information system; habitat suitability; maximum entropy; sambar deer

PENGENALAN

Rusa sambar (*Rusa unicolor*) ialah rusa yang mempunyai saiz terbesar di kawasan tropika (Mustari, Manshur & Masyud 2012). Status rusa sambar telah diisytiharkan rentan oleh Kesatuan Antarabangsa untuk Pemuliharaan Alam dan Sumber Asli (IUCN) pada tahun 2014 kerana terdapat lebih 50% penurunan terutamanya di Vietnam, Laos, Thailand, Kemboja, Myanmar, Malaysia, Bangladesh, Borneo, dan Sumatera (Timmins et al. 2015). Walaupun taburan rusa sambar di Asia selatan adalah meluas di pelbagai jenis habitat yang berbeza, ia telah berkurang di kebanyakan kawasan asalnya, kecuali di beberapa kawasan yang dilindungi (Sankar & Acharya 2004; Timmins et al. 2015). Pada umumnya, kehadiran rusa di hutan Semenanjung Malaysia lebih rendah berbanding dengan kehadirannya di hutan Sabah (Brodie Giordano & Ambu 2015; Mohd Azlan, Abd & Azad 2006). Sarawak mempunyai kesan pemburuan yang tinggi dan tidak menanggung kehadiran rusa yang tinggi di hutan (Mohd Azlan & Engkamat 2006).

Rusa sambar adalah salah satu daripada beberapa spesies mamalia besar yang mengalami trend penurunan disebabkan oleh degradasi habitat dan pemburuan haram (Mustari, Manshur & Masyud 2012; O'Brien, Kinnaid & Wibisono 2003). Semakan status rusa sambar di Semenanjung Malaysia mendapati habitat rusa sambar telah menurun dengan tahap yang lebih besar daripada 50%. Oleh itu terdapat kemungkinan rusa sambar telah terancam sejak awal abad ke-21 (Kawanishi et al. 2014). Pemerhatian yang dilakukan pada tahun 2012 hingga 2013 membuktikan rusa sambar masih wujud di Taman Negara dan Rezab Hidupan Liar Krau (Magintan et al. 2015). Namun, satu kajian yang dijalankan selama enam bulan di Hutan Simpan Negeri Pahang pada tahun 2016 mendapati tiada imej mahupun kesan rusa sambar direkodkan (PERHILITAN 2016). Walau bagaimanapun, survei yang dijalankan pada tahun 2018 di Rezab Hidupan Liar Krau dan Hutan Simpan Berkelah yang melibatkan 16 unit perangkap kamera di 8 stesen selama 3 bulan menunjukkan hanya satu ekor cerapan rusa sambar di Hutan Simpan Berkelah yang direkodkan (PERHILITAN 2018).

Ungulat besar seperti rusa sambar memainkan peranan penting dalam proses asas ekologi, termasuk penyebaran benih bersaiz besar (Prasad et al. 2006). Penyebaran benih oleh rusa sambar secara tidak langsung mempengaruhi corak taburan tumbuh-tumbuhan di hutan (Adler Raff & Lauenroth 2001). Populasi ungulat besar (melebihi 5 kg) telah menurun dalam beberapa dekad

kebelakangan ini disebabkan pemburuan haram untuk membekalkan permintaan daging, tanduk dan bahagian badan yang lain secara komersial telah menyebabkan kepupusan spesies ini (Steinmetz et al. 2010; WWF 2013). Rusa sambar merupakan salah satu rusa yang paling banyak dipilih oleh pemburu haram tempatan dan Indo-china sebagai sasaran buruan (Kawanishi et al. 2014; Sita et al. 2013). Walaupun Jabatan PERHILITAN telah mewujudkan moratorium bagi musim memburu rusa sambar, namun ia tetap diburu tanpa henti untuk kegunaan daging tempatan (Kawanishi et al. 2014). Bilangan lesen memburu yang dikeluarkan menunjukkan trend penurunan yang berterusan walaupun permintaan tinggi terhadap daging rusa. Bilangan lesen yang telah dikeluarkan untuk rusa sambar pada tahun 1992 ialah 373, manakala pada tahun 2006 ialah 122 lesen (PERHILITAN 2006). Ini merupakan suatu petunjuk penurunan rusa sambar di habitat liar disebabkan oleh aktiviti pemburuan yang tidak lestari.

Secara global, rusa sambar adalah spesies mangsa yang dominan dari segi biojisim dan diutamakan dalam diet harimau sepanjang masa (Biswas & Sankar 2002; Hayward, Jedrzejewski & Jedrzejewska 2012). Harimau adalah felid terbesar dan memakan ungulat besar hampir keseluruhannya. Oleh yang demikian, kehilangan ungulat besar khususnya rusa sambar boleh menjadi faktor utama kepupusan harimau (Karanth et al. 2004). Taburan haiwan mangsa seperti rusa dikatakan semakin berkurangan di seluruh habitat harimau dan pengetahuan tentang faktor sekitaran yang mempengaruhi kesesuaian habitat rusa adalah terhad untuk spesies terancam ini (Simcharoen et al. 2014).

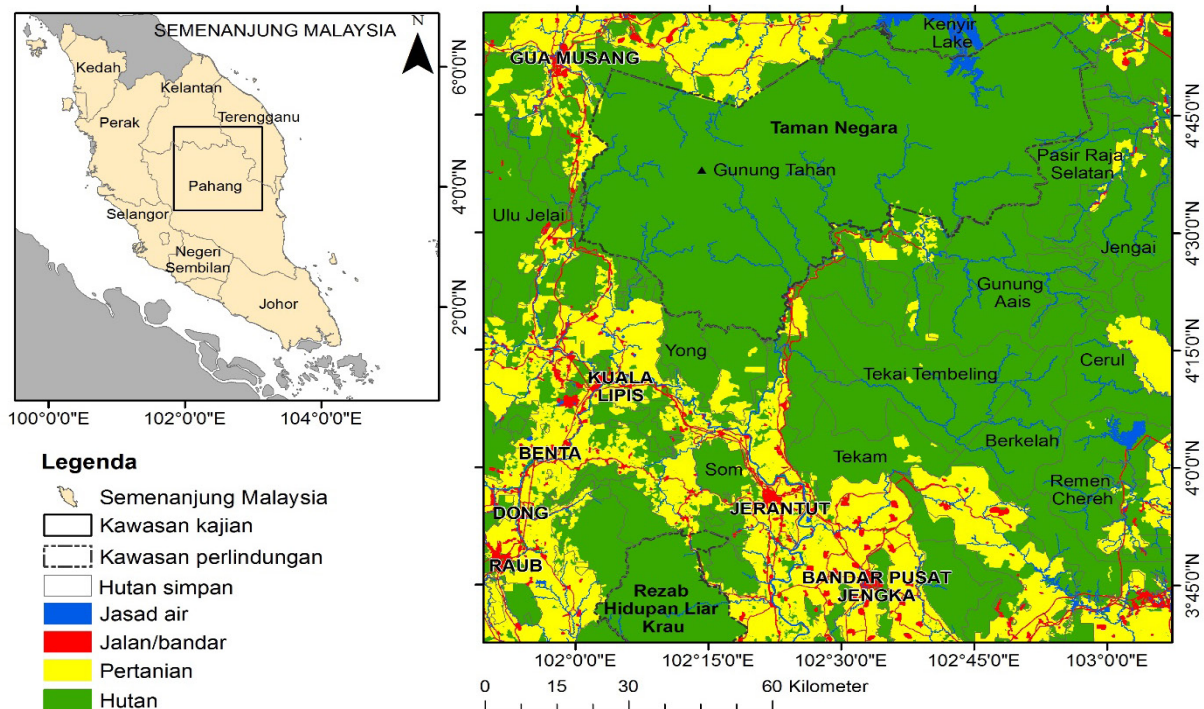
Dalam kajian ini, kesesuaian habitat rusa sambar di kawasan perlindungan terbesar di Taman Negara yang merupakan kawasan pemuliharaan teras untuk rusa sambar dikenal pasti. Di Semenanjung Malaysia, kajian sedia ada lebih menumpukan kajian terhadap proses kepupusan, kesan pembalakan, taburan, tingkah laku sosial, komposisi dan ciri daging rusa sambar (Dahlan & Norfarizan Hanoon 2008; DWNP 2010; Kawanishi et al. 2014; Magintan et al. 2017; Selvarajah, Mohd Nadzir & Annavi 2022). Namun pengetahuan tentang habitat rusa sambar yang sesuai di kompleks hutan utama Taman Negara dan kawasan sekitarnya masih tidak mencukupi untuk kelangsungan hidup jangka panjang dan perancangan pemuliharaan yang berkesan. Memahami keperluan habitat rusa sambar secara tidak langsung dapat meramalkan taburannya dan seterusnya dapat menguruskan habitat bagi spesies ini dengan lebih berkesan. Hasil kajian ini diharapkan dapat menyumbang maklumat dalam penentuan perancangan pemuliharaan

rusa sambar dan pengurusan habitatnya di kompleks hutan utama Taman Negara.

BAHAN DAN KAEDAH

Kajian ini telah dijalankan di Taman Negara dan kawasan sekitarnya yang terletak di antara E 101.824° hingga E 103.13° dan U 5.003° hingga 3.442° yang meliputi kawasan seluas 2,218,389 ha (Rajah 1). Kompleks hutan utama Taman Negara telah dipilih termasuk Rezab Hidupan Liar Krau, Hutan Simpan Tekai Tembeling, Hutan Simpan Gunung Aais, Hutan Simpan Pasir Raja Selatan, Hutan Simpan Jengai, Hutan Simpan Cerul, Hutan Simpan Berkelah, Hutan Simpan Remen Chereh, Hutan Simpan Tekam, Hutan

Simpan Gunung Benom, Hutan Simpan Som, Hutan Simpan Yong dan Hutan Simpan Ulu Jelai. Kawasan perlindungan di kawasan kajian ialah Taman Negara dan Rezab Hidupan Liar Krau. Kompleks hutan utama Taman Negara yang terletak dalam lingkungan Jalur Tengah dan Jalur Timur Semenanjung Malaysia adalah kaya dengan kepelbagaian biologi serta merupakan taman negara tertua yang ditubuhkan di Malaysia (Chung et al. 2017; UNDP 2012). Ketinggian kawasan kajian adalah 10 m hingga 2200 m, dengan topografi umumnya adalah beralun. Kawasan tertinggi adalah di Gunung Tahan yang terletak di dalam kawasan Taman Negara yang juga merupakan gunung tertinggi di Semenanjung Malaysia (Roberta et al. 2012).



RAJAH 1. Lokasi kajian dan ketegori guna tanah tahun 2017 menunjukkan guna tanah hutan dan pertanian sebagai guna tanah utama

Aplikasi GIS digunakan dalam memetakan parameter sekitaran yang diperolehi menggunakan perisian yang bersesuaian iaitu ArcGIS 10.5. Imej satelit Landsat 8 bagi pemetaan guna tanah diperolehi daripada Pusat Kajian Geologi Amerika Syarikat (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), peta kontur daripada

Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) dan peta litologi daripada Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia (JMG). Data kontur telah diproses untuk menghasilkan lapisan kecerunan dan ketinggian. Lapisan guna tanah tahun 2017 dikelaskan kepada beberapa jenis guna tanah yang menunjukkan hutan dan pertanian sebagai aktiviti

utama di kawasan tersebut (Rajah 1). Faktor jarak dari bandar dan jarak dari sungai diekstrak daripada lapisan guna tanah. Semua lapisan persekitaran diunjurkan ke Grid Rectified Skew Orthomorphic Malaya dengan resolusi spatial 30 m. Data kehadiran rusa sambar dikumpul sama ada melalui pemerhatian secara langsung atau secara tidak langsung melalui tandanya (kesan najis, kesan tapak kaki dan kesan geseran di pokok) oleh Jabatan PERHILITAN dari tahun 1992 hingga 2008 (DWNP 2010). Parameter sekitaran yang diperolehi daripada data sistem maklumat geografi ialah ketinggian, kecerunan, jenis guna tanah, jarak dari bandar, jarak dari jalan raya dan litologi diproses dengan titik kehadiran rusa sambar untuk menentukan kesesuaian habitat.

Ramalan kesesuaian habitat rusa sambar menggunakan model entropi maksimum (perisian Maxent versi 3.3.3 k) terdiri daripada algoritma yang menganggarkan kebarangkalian taburan spesies dengan pelbagai pemboleh ubah dan menghasilkan maklumat yang paling seragam di kawasan kajian (http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/) (Phillips et al. 2006). Maxent menggunakan data kovariat daripada rekod kehadiran spesies dan sampel latar belakang untuk menganggar nisbah output mentah yang dirujuk sebagai $f_i(z)/f(z)$ dengan $f_i(z)$ ditakrifkan kepada kebarangkalian ketumpatan kovariat merentasi lokasi kehadiran spesies manakala $f(z)$ merujuk kepada ketumpatan kebarangkalian kovariat merentasi keseluruhan lokasi. Penyelesaian Maxent secara logistik dilaksanakan kerana maklumat yang diperlukan tidak sepenuhnya tersedia untuk menghitung kebarangkalian kehadiran spesies di kawasan luas. Log output adalah seperti berikut:

$$\eta(z) = \log (f_i(z)/f(z)) \quad (1)$$

dengan $\eta(z)$ ialah nilai purata bagi $\eta(z)$ berbanding f_i atau disebut sebagai parameter τ . Pengetahuan tentang τ akan menyelesaikan ketidakpastian kebarangkalian dan jika tiadanya Maxent menetapkan nilai τ kepada 0.5 (Elith et al. 2011). Sebanyak 10284 titik digunakan dalam perisian Maxent untuk mengenal pasti taburan model entropi maksimum (titik latar belakang dan titik kehadiran). Data kehadiran rusa sambar dibahagikan kepada latihan (70% daripada set data, 284 kehadiran) dan pengesahan (30% daripada set data, 121 kehadiran). Indeks kesesuaian habitat (nilai berterusan dari 0 hingga 1) dihitung untuk menunjukkan potensi kehadiran rusa sambar. Kehadiran latihan persentil ke-10 telah digunakan untuk memberikan gambaran kesesuaian

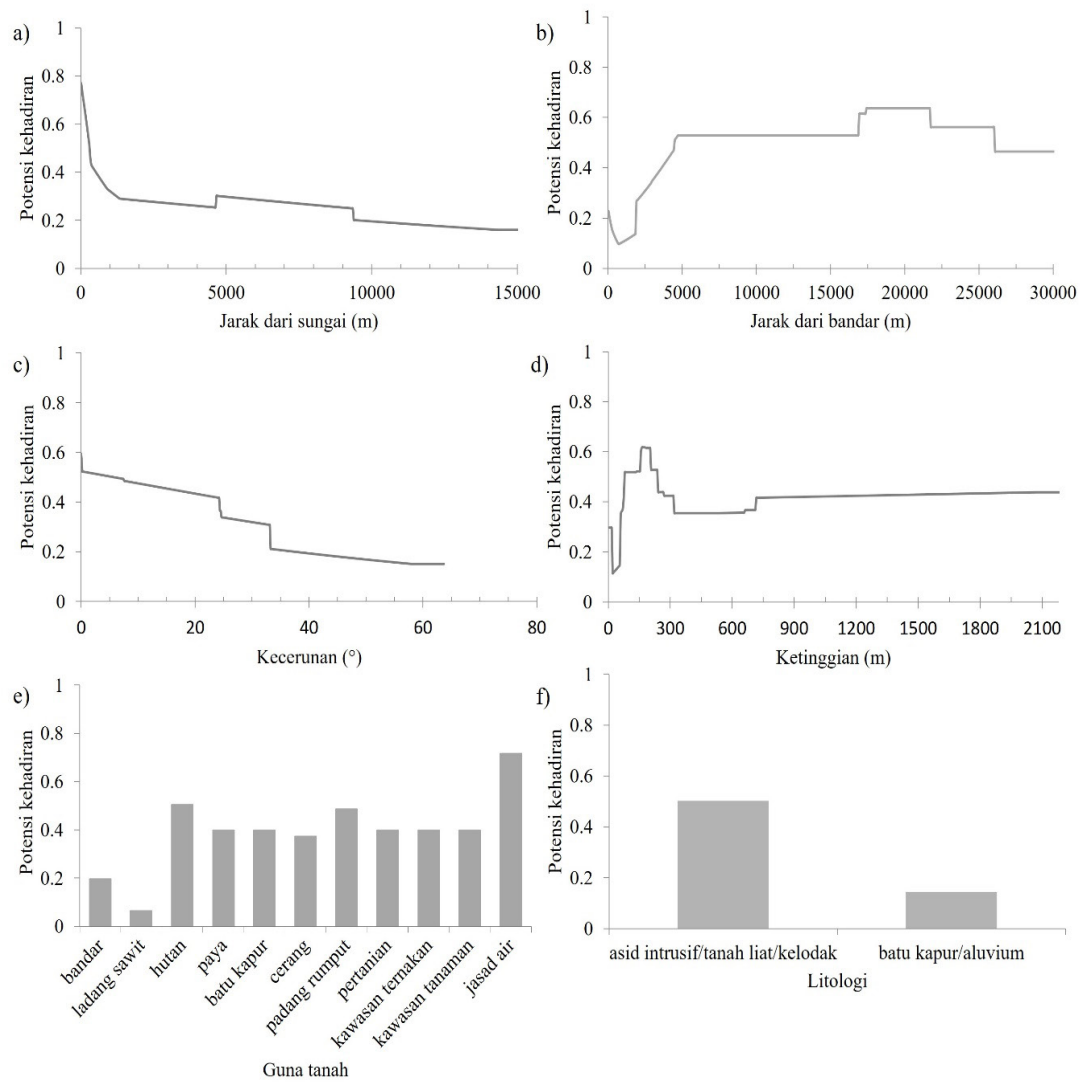
habitat dengan lebih jelas (Ramirez-Reyes, Bateman & Radeloff 2016). Peta tersebut dikategorikan kepada dua kelas mengikut nilai ambang logistik persentil ke-10 (iaitu tidak sesuai (nilai ≤ 0.22) dan sesuai (0.22 hingga 1).

HASIL KAJIAN

PARAMETER SEKITARAN DI LOKASI HABITAT YANG SESUAI

Keluk tindak-balas menunjukkan kesan parameter sekitaran dengan potensi kehadiran rusa sambar di kawasan kajian (Rajah 2). Faktor jarak daripada sungai dan kecerunan mempunyai trend penurunan iaitu potensi kehadiran rusa sambar menurun dengan peningkatan jarak dari sungai dan kecerunan, manakala faktor jarak dari bandar menunjukkan trend yang berlawanan (Rajah 2(a), 2(b) dan 2(c)). Habitat yang sesuai bagi rusa sambar kurang dipengaruhi oleh faktor ketinggian kerana majoriti nilai potensi kehadiran rusa adalah melebihi 0.22 yang dianggap sesuai untuk rusa sambar (Rajah 2(d)). Jenis guna tanah jasad air, hutan dan padang rumput adalah sangat sesuai bagi rusa sambar (Rajah 2(e)). Potensi kehadiran menunjukkan kehadiran yang tinggi di kawasan yang mempunyai litologi asid intrusif, tanah liat atau kelodak berbanding batu kapur atau aluvium (Rajah 2(f)).

Peratus sumbangan parameter sekitaran adalah tertinggi untuk jarak dari sungai (47.7%), diikuti dengan jarak dari bandar (21.8%), jenis guna tanah (16.1%), ketinggian (7.2%), kecerunan (6.7%) dan litologi (0.4%) (Jadual 1). Sumbangan setiap faktor sekitaran dinilai dengan peratusan sumbangan dan kepentingan pilihatur. Peratusan sumbangan bergantung pada laluan tertentu Maxent untuk algoritma dan penyelesaian optimum, manakala kepentingan pilihatur hanya bergantung pada model akhir Maxent. Parameter sekitaran dengan keuntungan tertinggi apabila digunakan secara berasingan (dengan pemboleh ubah sahaja) ialah jarak dari sungai, yang mempunyai maklumat paling berguna dengan sendirinya yang membolehkan penyuaian yang bagus pada data latihan. Bagi keuntungan latihan tanpa pemboleh ubah, jarak dari sungai mengurangkan keuntungan paling banyak apabila ditinggalkan yang mempunyai kebanyakan maklumat yang tidak terdapat dalam pemboleh ubah lain. Habitat yang sesuai bagi rusa sambar menunjukkan korelasi negatif dengan sumber air ($r = -0.60$), kecerunan ($r = -0.50$) dan ketinggian ($r = -0.36$) serta korelasi positif dengan jarak dari bandar ($r = 0.19$).



RAJAH 2. Keluk tindak-balas pemboleh ubah persekitaran bagi kesesuaian habitat rusa sambar iaitu a) Jarak dari sungai, (b) Jarak dari bandar, (c) Kecerunan ($^{\circ}$), (d) Ketinggian (m), (e) Guna tanah dan (f) Litologi

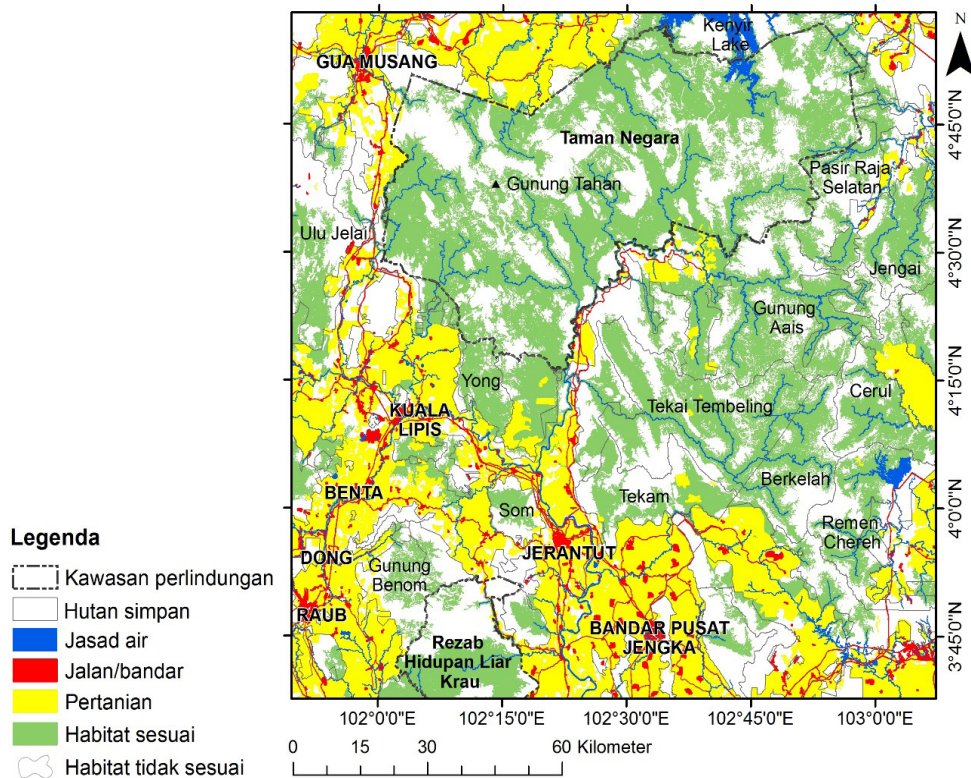
JADUAL 1. Kepentingan parameter sekitaran dinilai mengikut peratusan sumbangan dan kepentingan pilih atur. Kepentingan pilihatur digunakan untuk menilai kepentingan sesuatu pemboleh ubah

Parameter	Peratus sumbangan (%)	Kepentingan pilihatur (%)	Keuntungan latihan dengan pemboleh ubah sahaja	Keuntungan latihan tanpa pemboleh ubah	Korelasi Pearson
Jarak dari sungai	47.7	23.1	0.41	0.59	-0.60
Jarak dari bandar	21.8	27.5	0.23	0.75	0.19
Jenis guna tanah	16.1	26.4	0.21	0.77	-
Ketinggian	7.2	7.3	0.09	0.80	-0.36
Kecerunan	6.7	13.5	0.06	0.79	-0.50
Litologi	0.4	2.2	0.01	0.84	-

KESESUAIAN HABITAT RUSA SAMBAR

Habitat yang sesuai bagi rusa sambar merangkumi 37% daripada kawasan kajian (Rajah 3). Kawasan yang sesuai menerangkan keadaan yang sesuai untuk kemandirian spesies dan sangat penting untuk tujuan pemuliharaan. Kawasan habitat yang sesuai bagi rusa sambar berlaku di sebahagian kawasan hutan di Taman Negara, Rezab

Hidupan Liar Krau, Hutan Simpan Tekai Tembeling, Hutan Simpan Gunung Aais, Hutan Simpan Pasir Raja Selatan, Hutan Simpan Jengai, Hutan Simpan Cerul, Hutan Simpan Berkelah, Hutan Simpan Remen Chereh, Hutan Simpan Tekam, Hutan Simpan Gunung Benom, Hutan Simpan Som, Hutan Simpan Yong dan Hutan Simpan Ulu Jelai.



RAJAH 3. Lokasi habitat rusa sambar yang sesuai berdasarkan model entropi maksimum

Kawasan di bawah lengkung (AUC) digunakan untuk memodelkan prestasi serupa dengan kajian lain yang menilai model habitat berskala besar dibangunkan dalam Maxent (Sulistyan et al. 2017). Nilai AUC berjalut daripada 0 (model paling teruk) hingga 1 (model terbaik). Skor >0.5 menunjukkan model lebih baik daripada yang dijangkakan oleh ramalan rawak (Elith et al. 2006). Manakala skor >0.75 dianggap berpotensi berguna (Phillips et al. 2006). Nilai AUC daripada model ini ialah 0.84 yang menunjukkan diskriminasi yang lebih baik daripada kawasan yang sesuai berbanding kawasan yang tidak sesuai untuk rusa sambar.

PERBINCANGAN

Kajian ini mengenal pasti kesesuaian habitat rusa sambar dengan memberi tumpuan kepada kawasan teras populasi rusa sambar di sekitar kompleks hutan utama Taman Negara. Habitat yang sesuai bagi rusa sambar adalah berkait rapat dengan jarak dari sungai, jarak dari bandar dan jenis guna tanah dengan peratus sumbangan 47.7%, 21.8% dan 16.1%. Penemuan ini mencadangkan bahawa jarak dari sumber air dan jarak dari kawasan manusia memberikan pengaruh yang lebih kuat daripada faktor sekitaran lain, serta merupakan faktor pengehad taburan rusa sambar di seluruh kawasan kajian.

Kesesuaian habitat rusa sambar menunjukkan potensi kehadiran di sekitar kawasan sungai kerana kawasan hutan yang sesuai di kawasan kajian yang terdiri daripada banyak anak sungai. Habitat yang sesuai untuk rusa sambar berkorelasi negatif yang kuat ($r = -0.60$) dengan jarak daripada sungai. Kawasan kajian disaliri oleh sungai utama iaitu Sungai Pahang yang mempunyai banyak anak sungai seperti Sungai Jelai dan Sungai Tembeling (Kamarudin et al. 2015). Kajian lain di Santuari Hidupan Liar Huai Kha Khaeng, Thailand juga mendapati kawasan yang dekat dengan sungai mempunyai indeks kelimpahan rusa sambar yang tinggi disebabkan oleh kualiti tumbuh-tumbuhan yang tersedia untuk mencari makan dan penglihatan yang lebih luas untuk mengesan pemangsa (Simcharoen et al. 2014). Jarak dari sungai yang sesuai bagi rusa sambar dalam kajian ini ialah kurang daripada 9 km kerana sumber air adalah penting untuk kelangsungan hidup rusa sambar dan taburan mereka juga sangat kuat dikaitkan dengan jasad air (Forsyth et al. 2009; Hu et al. 2018).

Rusa sambar mengelak dari kawasan gangguan manusia dan lebih mengutamakan kawasan hutan atau kawasan berparit (Kushwaha et al. 2004; O'Brien, Kinnaird & Wibisono 2003; Yen et al. 2019). Dalam kajian ini, rusa sambar sangat sesuai di kawasan yang mempunyai jarak melebihi 2.5 km dari kawasan bandar ($r = 0.19$) (Rajah 2b). Kajian di China mendapati rusa sambar memilih jarak melebihi 1 km dari kawasan manusia (Hu et al. 2018). Gangguan persekitaran oleh manusia mengganggu keadaan tumbuhan yang menjadi makanan bagi rusa di sesuatu habitat (Mustari, Manshur & Masyud 2012). Tingkah laku rusa sambar yang gemar mencari makanan di luar kawasan hutan seperti kawasan tanaman atau kawasan berdekatan jalan pula menjadikan mereka lebih dekat dengan ancaman manusia (risiko ditembak atau dilanggar) (Kawanishi et al. 2014).

Sumber air adalah penting untuk kemandirian rusa sambar dan taburan mereka juga dikatakan sangat kuat berkait dengan jasad air (Yen et al. 2019). Habitat yang berpotensi sesuai bagi rusa sambar merangkumi guna tanah jasad air, hutan dan padang rumput terbiar (Rajah 2(e)). Di India, padang rumput dan pokok renek tebal yang lebih dekat dengan air menjadi pilihan rusa sambar (Bagchi, Goyal & Sankar 2003). Kawasan rendah yang berdekatan sungai mempunyai bekalan air berterusan dan kelembapan tanah yang tinggi menjadikan ketersediaan makanan yang lebih tinggi (Budke, Jarenkow & de Oliveira-Filho 2008; Simcharoen et al. 2014).

Perubahan ekologi yang disebabkan oleh fragmentasi hutan dirujuk sebagai kesan pinggir (Tabarelli et al. 2004). Terdapat kajian yang mengemukakan bukti bahawa kesan pinggir memberikan kesan positif kepada rusa sambar dan menjadi asas kepada makanan herbivor liar kerana rusa sambar memakan tunas yang baru tumbuh selepas pembersihan kawasan hutan (Ismail & Jiwan 2014; Wirth et al. 2008). Secara umumnya, rusa sambar cenderung terhadap kawasan hutan terbuka atau berkanopi jarang, padang rumput dan kawasan yang menerima cahaya matahari kerana mempunyai produktiviti tinggi (Mustari, Manshur & Masyud 2012). Rusa sambar lebih dominan di kawasan guna tanah hutan kerana mempunyai litupan tumbuhan yang rapat untuk dijadikan tempat berteduh (berlindung) dan mengelakkan gangguan manusia atau pemangsa (Mustari, Manshur & Masyud 2012; Sankar & Acharya 2004). Tapak tempat tidur yang sesuai bagi rusa sambar berpenutup kanopi hutan melebihi 90% (Brodie & Brockelman 2009). Manakala kawasan semak belukar menyediakan sumber makanan kepada rusa sambar yang memakan buah dan pucuk atau daun muda pada siang hari dan memakan rumput pada malam hari (Mustari, Manshur & Masyud; Sita et al. 2013). Rusa sambar dikenali sebagai krepuskul, yang muncul pada waktu senja untuk makan di kawasan lapang seperti padang rumput dan kemudian kembali ke tempat perlindungan pada waktu subuh (Forsyth et al. 2009). Padang rumput menyumbang lebih banyak produktiviti makanan herbivor jika dibandingkan dengan jenis habitat yang lain (Mustari, Manshur & Masyud 2012). Sumber vegetasi atau makanan yang mencukupi mempunyai korelasi yang positif dengan bilangan populasi dan kapasiti habitat.

Faktor ketinggian kurang mempengaruhi kesesuaian habitat rusa sambar dengan peratus sumbangan hanya 7.2%, kerana rusa sambar mempunyai taburan yang luas dan mampu menyesuaikan diri dengan pelbagai ketinggian dan persekitaran (Leslie 2011). Rekod kehadiran rusa sambar adalah tinggi di sekitar kawasan yang rendah ($r = -0.36$). Habitat rusa sambar sesuai di kawasan rendah kerana hakisan berperingkat yang terjadi dalam sesuatu skala masa geologi berkemungkinan memendapkan tanah yang lebih subur berhampiran kawasan rendah seperti sungai yang menyediakan lebih banyak makanan berkhasiat bagi ungulat (Simcharoen et al. 2014). Kajian ini selari dengan rusa sambar di India dan Australia yang lebih mengutamakan kawasan rendah (Bagchi, Goyal & Sankar 2003; Forsyth et al. 2009). Manakala di Taiwan pula rusa sambar lebih suka kawasan yang lebih rendah pada musim sejuk tetapi

lebih suka kawasan yang lebih tinggi pada musim panas menunjukkan rusa sambar mampu beradaptasi pada pelbagai ketinggian (Yen et al. 2019).

Faktor kecerunan kurang mempengaruhi kesesuaian habitat rusa sambar di kawasan kajian dengan peratus sumbangan 6.7%. Terdapat hubungan negatif yang kuat ($r = -0.50$) antara kecerunan dan potensi kehadiran rusa sambar. Dalam kajian ini, habitat yang sesuai bagi rusa sambar mempunyai cerun $< 25^\circ$, selari dengan hasil kajian di China yang mendapati rusa sambar lebih suka pada cerun rendah $< 20^\circ$ (Hu et al. 2018). Kajian yang dilakukan di sempadan Thailand-Myanmar dan timur laut Thailand juga mendapati rusa sambar mengelak kawasan curam dan lebih suka habitat terbuka (Brodie & Brockelman 2009; Trisurat et al. 2010). Kawasan terbuka dan rata membuatkan penglihatan yang lebih luas untuk mengesan pemangsa (Simcharoen et al. 2014). Walau bagaimanapun, rusa sambar di Taiwan berupaya mendiami kawasan pergunungan yang beralun yang mempunyai cerun sehingga 69° (Yen et al. 2019).

Kawasan yang mempunyai litologi jenis asid intrusif, tanah liat atau kelodak dipilih oleh rusa sambar berbanding batu kapur atau aluvium. Lapisan tanah liat yang mengandungi garam dan mineral bertindak sebagai makanan tambahan bagi herbivor khususnya rusa sambar serta berperanan untuk menyingkirkan toksin atau racun yang terdapat dalam badan hidupan liar (Chandrajith et al. 2009; Lazarus et al. 2021; Matsubayashi & Lagan 2014). Kawasan batu kapur selalunya mempunyai cerun curam yang bertindak sebagai penghalang bagi pergerakan hidupan liar (Estes et al. 2012) 95% CI: 152-581. Rintangan oleh cerun yang curam menghasilkan tompok habitat yang tidak sesuai dalam kawasan kajian. Kawasan habitat yang sesuai bagi rusa sambar berlaku di sebahagian besar kawasan perlindungan antaranya di Taman Negara dan Rezab Hidupan Liar Krau (Rajah 1). Faktor lain yang menyebabkan kawasan ini digemari rusa adalah kerana wujudnya jenut semula jadi dan tiruan di Taman Negara dan Rezab Hidupan Liar Krau (Magintan et al. 2015). Terdapat juga bukti kehadiran rusa sambar di sekitar jenut di Taman Negara dan Rezab Hidupan Liar Krau (PERHILITAN 2013). Rusa sambar mendapatkan sumber garam galian daripada jenut di kawasan kajian yang berfungsi sebagai makanan tambahan harian terutamanya untuk pertumbuhan, membekalkan nutrisi reproduktif, dan sumber kalsium (Matsubayashi et al. 2007). Kekurangan galian akan melambatkan pertumbuhan badan rusa sambar dan mengganggu fungsi pembiakan dan ketahanan badan.

Habitat yang sesuai bagi rusa sambar adalah seluas 817,683 hektar meliputi 37% daripada keseluruhan kawasan kajian (2,218,389 hektar). Blok habitat yang tidak sesuai terletak di barat dan selatan kawasan kajian iaitu di sekitar Gua Musang, kawasan utara Rezab Hidupan Liar Krau, kawasan Bandar Pusat Jengka dan beberapa bahagian lain (Rajah 3). Kawasan tidak sesuai berdekatan dengan kawasan bandar dan kawasan pertanian yang luas terutamanya ladang kelapa sawit dan getah yang bertindak sebagai ancaman kepada rusa sambar. Kawasan yang telah diceroboh oleh manusia untuk aktiviti pembangunan dan pertanian mengakibatkan kurangnya ketersediaan makanan dan sumber air yang terhad kepada hidupan liar dan memaksa hidupan liar untuk berhijrah ke kawasan yang lain (Alfred et al. 2012). Kesan pembangunan seperti bandar dan jalan raya juga mengakibatkan pemecahan kawasan hutan yang sesuai untuk rusa sambar di kawasan kajian. Kesan pembangunan ini boleh dikurangkan dengan menambah baik kesalinghubungan hutan untuk membantu pergerakan rusa sambar di antara blok habitat yang terpisah. Melalui kajian kesesuaian habitat rusa sambar ini, program pelepasan rusa sambar boleh dilakukan dengan berpandukan kawasan habitat yang sesuai supaya dapat meningkatkan populasi rusa bagi menjamin keseimbangan ekosistem. Aktiviti pemantauan rusa sambar yang telah dilepaskan pula boleh dilaksanakan dengan penyelenggaraan jenut atau pemberian makanan tambahan supaya kapasiti pembawaan habitat menjadi lebih tinggi.

KESIMPULAN

Hanya 37% daripada kawasan kajian menunjukkan habitat yang sesuai bagi rusa sambar. Peratus sumbangan faktor sekitaran yang mempengaruhi kesesuaian habitat di sekitar kompleks hutan utama Taman Negara adalah faktor jarak dari sungai (47.7%), jarak dari bandar (21.8%) dan jenis guna tanah (16.1%). Kawasan yang berdekatan dengan sumber air dan hutan yang jauh dari kawasan bandar dikategorikan sebagai sangat sesuai bagi rusa sambar. Pengenalpastian dan perlindungan habitat rusa sambar yang sesuai mampu meningkatkan potensi kemandirian rusa sambar yang berterusan dalam kompleks hutan utama Taman Negara. Kajian ini telah menyediakan langkah awal untuk mengutamakan kawasan teras bagi pemuliharaan rusa sambar. Tumpuan usaha pengurusan habitat yang berkesan perlulah lebih terfokus di zon habitat yang sesuai. Perlaksanaan langkah pemuliharaan juga boleh dilaksanakan dengan

mengurangkan pembukaan atau penerokaan tanah terutamanya di kawasan habitat yang sesuai bagi rusa sambar.

PENGHARGAAN

Kajian ini dijalankan di bawah geran penyelidikan UKM (No. geran ST-2017-007). Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada PERHILITAN yang menyediakan data hidupan liar untuk kajian ini. Terima kasih kepada UKM kerana menyediakan kemudahan peralatan dan ruang untuk menjayakan penyelidikan ini. Kami juga berterima kasih kepada semua pihak lain yang terlibat dalam kajian ini secara langsung atau tidak.

RUJUKAN

- Adler, P., Raff, D. & Lauenroth, W. 2001. The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia* 128(4): 465-479.
- Alfred, R., Ahmad, A.H., Payne, J., Williams, C., Ambu, L.N., How, P.M. & Goossens, B. 2012. Home range and ranging behaviour of Bornean Elephant (*Elephas maximus borneensis*) females. *PLoS ONE* 7(2): 2-12.
- Bagchi, S., Goyal, S.P. & Sankar, K. 2003. Prey abundance and prey selection by tigers (*Panthera tigris*) in a semi-arid, dry deciduous forest in western India. *Journal of Zoology* 260(3): 285-290.
- Biswas, S. & Sankar, K. 2002. Prey abundance and food habit of tigers (*Panthera tigris tigris*) in Pench National Park, Madhya Pradesh, India. *Journal of Zoology* 256(3): 411-420.
- Brodie, J.F. & Brockelman, W.Y. 2009. Bed site selection of red muntjac (*Muntiacus muntjak*) and sambar (*Rusa unicolor*) in a tropical seasonal forest. *Ecological Research* 24(6): 1251-1256.
- Brodie, J.F., Giordano, A.J. & Ambu, L. 2015. Differential responses of large mammals to logging and edge effects. *Mammalian Biology* 80(1): 7-13.
- Budke, J.C., Jarenkow, J.A. & de Oliveira-Filho, A.T. 2008. Tree community features of two stands of riverine forest under different flooding regimes in Southern Brazil. *Flora* 203(2): 162-174.
- Chandrajith, R., Kudavidanage, E., Tobschall, H.J. & Dissanayake, C.B. 2009. Geochemical and mineralogical characteristics of elephant geophagic soils in Udawalawe National Park, Sri Lanka. *Environmental Geochemistry and Health* 31(3): 391-400.
- Chung, K.W., Leman, M.S., Dzulkafli, M.A., Mohamed, K.R., Ali, C.A. & Talib, J. 2017. Sedimentologi batuan enapan daratan kumpulan gagau (usia kapur awal) di Hulu Sungai Chichir, Terengganu Darul Iman, Malaysia. *Sains Malaysiana* 46(12): 2315-2323.
- Dahlan, I. & Norfarizan Hanoon, N.A. 2008. Chemical composition, palatability and physical characteristics of venison from farmed deer. *Animal Science Journal* 79(4): 498-503.
- DWNP. 2010. *Red List of Mammals for Peninsular Malaysia*, 1st ed. Kuala Lumpur: Department of Wildlife and National Parks (PERHILITAN) Peninsular Malaysia.
- Elith, J., Dudík, M., Hastie, T., Chee, Y.E., Yates, C.J. & Phillips, S.J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17(1): 43-57.
- Elith, J., Graham, C., Anderson, R.P., Dudik, M., Ferrier, S. & Guisan, A. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29(1): 129-151.
- Estes, J.G., Othman, N., Ismail, S., Ancrenaz, M., Goossens, B., Ambu, L.N., Estes, A.B. & Palmiotto, P.A. 2012. Quantity and configuration of available elephant habitat and related conservation concerns in the lower Kinabatangan floodplain of Sabah, Malaysia. *PLoS ONE* 7(10): e44601.
- Forsyth, D.M., McLeod, S.R., Scroggie, M.P. & White, M.D. 2009. Modelling the abundance of wildlife using field surveys and GIS: Non-native sambar deer (*Cervus unicolor*) in the Yarra Ranges, south-eastern Australia. *Wildlife Research* 36(3): 231-241.
- Hayward, M.W., Jedrzejewski, W. & Jedrzejewska, B. 2012. Prey preferences of the tiger *Panthera tigris*. *Journal of Zoology* 286(3): 221-231.
- Hu, J., Yao, G., Li, D., Yang, Z. & Li, Y. 2018. Summer habitat selection of sambar deer (*Rusa unicolor*) in Wolong National Nature Reserve. *Acta Theriologica Sinica* 38(3): 277-285.
- Ismail, D. & Jiwan, D. 2014. Browsing preference and ecological carrying capacity of sambar deer (*Cervus unicolor brookei*) on secondary vegetation in forest plantation. *Animal Science Journal* 86(2): 225-237.
- Kamarudin, M.K.A., Toriman, M.E., Sulaiman, N.H., Ata, F.M., Gasim, M.B., Muhamad, A., Yusoff, W.A., Mokhtar, M., Amran, M.A. & Abd Aziz, N.A. 2015. Klasifikasi sungai tropika menggunakan teknik kemometrik: Kajian kes di sungai Pahang, Malaysia. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 19(5): 1001-1018.
- Karanth, K.U., Nichols, J.D., Kumar, N.S., Link, W.A. & Hines, J.E. 2004. Tigers and their prey: Predicting carnivore densities from prey abundance. *PNAS* 101(12): 4854-4858.
- Kawanishi, K., Rayan, D.M., Gumal, M.T., Shepherd, C.R. & Program, W.C.S. 2014. Extinction process of the sambar in Peninsular Malaysia. *Deer Specialist Group Newsletter* 26: 48-59.
- Kushwaha, S.P.S., Khan, A., Habib, B., Quadri, A. & Singh, A. 2004. Evaluation of sambar and muntjak habitats using geostatistical modelling. *Current Science* 86(10): 1390-1400.
- Lazarus, B.A., Che-Amat, A., Abdul Halim Shah, M.M., Hamdan, A., Abu Hassim, H., Mustaffa Kamal, F., Tengku Azizan, T.R.P., Mohd Noor, M.H., Mohamed Mustapha, N.

- & Ahmad, H. 2021. Impact of natural salt lick on the home range of *Panthera tigris* at the Royal Belum Rainforest, Malaysia. *Scientific Reports* 11(1): 10596.
- Leslie, D.M. 2011. *Rusa unicolor* (Artiodactyla: Cervidae). *Mammalian Species* 43(1): 1-30.
- Magintan, D., Ilias, R., Ismail, A., Jawing, A., Rasdi, I. & Mohd, S.M. 2015. A preliminary observatory of mammals and other species visiting artificial salt licks in Peninsular Malaysia. *Journal of Wildlife and Parks* 74: 1-12.
- Magintan, D., Nor, S.M., Ean, T.P., Lechner, A.M. & Azhar, B. 2017. The conservation value of unlogged and logged forests for native mammals on the East Coast of Peninsular Malaysia. *Journal for Nature Conservation* 40: 113-119.
- Matsubayashi, H. & Lagan, P. 2014. *Natural Salt-Licks and Mammals in Deramakot: Their Importance and Why They Should be Conserved*. Sandakan: Sabah Forestry Department.
- Matsubayashi, H., Lagan, P., Sukor, J.R.A. & Kitayama, K. 2007. Seasonal and daily use of natural licks by sambar deer (*Cervus unicolor*) in a Bornean tropical rain forest. *Tropics* 17(1): 81-86.
- Mohd Azlan, J. & Engkamat, L. 2006. Camera trapping and conservation in Lambir Hills National Park, Sarawak. *The Raffles Bulletin of Zoology* 54: 469-475.
- Mohd Azlan, J., Abd, J.B. & Azad, G. 2006. Mammal diversity and conservation in a secondary forest in Peninsular Malaysia. *Biodiversity and Conservation* 15: 1013-1025.
- Mustari, A.H., Manshur, A. & Masyud, B. 2012. Jenis pakan dan daya dukung habitat rusa sambar (*Cervus unicolor* Kerr, 1972) di Resort Teluk Pulai, Taman Nasional Tanjung Puting, Kalimantan Tengah. *Media Konservasi* 17(2): 47-54.
- O'Brien, T.G., Kinnaird, M.F. & Wibisono, H.T. 2003. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation* 6(2): 131-139.
- PERHILITAN. 2018. *Laporan Tahunan 2018*. Kuala Lumpur: Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara (PERHILITAN) Semenanjung Malaysia.
- PERHILITAN. 2016. *Laporan Tahunan 2016*. Kuala Lumpur: Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara (PERHILITAN) Semenanjung Malaysia.
- PERHILITAN. 2013. *Laporan Tahunan 2013*. Kuala Lumpur: Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara (PERHILITAN) Semenanjung Malaysia.
- PERHILITAN. 2006. *Laporan Tahunan 2006*. Kuala Lumpur: Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara (PERHILITAN) Semenanjung Malaysia.
- Phillips, S.B., Aneja, V.P., Kang, D. & Arya, S.P. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-252.
- Prasad, S., Krishnaswamy, J., Chellam, R. & Goyal, S.P. 2006. Ruminant-mediated seed dispersal of an economically valuable tree in Indian dry forests. *Biotropica* 38(5): 679-682.
- Ramirez-Reyes, C., Bateman, B.L. & Radeloff, V.C. 2016. Effects of habitat suitability and minimum patch size thresholds on the assessment of landscape connectivity for jaguars in the Sierra Gorda, Mexico. *Biological Conservation* 204: 296-305.
- Roberta, C.T.T., Anwarali, F.A., Ridwan, A.R.M., Senawi, J. & Abdullah, M.T. 2012. Small mammals from Kuala Atok, Taman Negara Pahang, Malaysia. *Sains Malaysiana* 41(6): 659-669.
- Sankar, K. & Acharya, B. 2004. Ungulates of India: Sambar. *Envis* 7(1): 163-170.
- Selvarajah, K., Mohd Nadzir, M.N.H. & Annavi, G. 2022. Comparative study on the social behavior of sambar deer (*Rusa unicolor*) in three selected captive facilities in Peninsular Malaysia. *Pertanika Journal of Science and Technology* 30(1): 527-546.
- Simcharoen, A., Savini, T., Gale, G.A., Roche, E., Chimchome, V. & Smith, J.L.D. 2014. Ecological factors that influence sambar (*Rusa unicolor*) distribution and abundance in western Thailand: Implications for tiger conservation. *Raffles Bulletin of Zoology* 62: 100-106.
- Sita, V., Biologi, J., Matematika, F., Alam, P. & Sepuluh, I.T. 2013. Tingkah laku makan rusa sambar (*Cervus unicolor*) dalam konservasi *ex-situ* di kebun binatang Surabaya. *Jurnal Sains dan Seni Pomits* 2(1): 171-176.
- Steinmetz, R., Chutipong, W., Seuaturien, N., Chirngsaard, E. & Khaengkhetkarn, M. 2010. Population recovery patterns of Southeast Asian ungulates after poaching. *Biological Conservation* 143(1): 42-51.
- Sulistiyawan, B.S., Eichelberger, B.A., Verweij, P., Boot, R.G.A., Hardian, O., Adzan, G. & Sukmantor, W. 2017. Connecting the fragmented habitat of endangered mammals in the landscape of Riau-Jambi-Sumatera Barat (RIMBA), central Sumatra, Indonesia (connecting the fragmented habitat due to road development). *Global Ecology and Conservation* 9: 113-130.
- Tabarelli, M., Cardoso Da Silva, J.M. & Gascon, C. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation* 13(7): 1419-1425.
- Timmins, R., Kawanishi, K., Gimán, B., Lynam, A., Chan, B., Steinmetz, R. & Sagar Baral, H. 2015. *Rusa unicolor*, Sambar. *The IUCN Red List of Threatened Species* 8235: 1-30.
- Trisurat, Y., Pattanavibool, A., Gale, G.A. & Reed, D.H. 2010. Improving the viability of large-mammal populations by using habitat and landscape models to focus conservation planning. *Wildlife Research* 37(5): 401-412.
- UNDP. 2012. *Enhancing Effectiveness and Financial Sustainability of Protected Areas in Malaysia*. Kuala Lumpur: United Nations Development Programme.
- Wirth, R., Meyer, S.T., Leal, I.R. & Tabarelli, M. 2008. Plant herbivore interactions at the forest edge. *Springer* 69: 423-448.
- WWF. 2013. *Rumble in the Jungle: The Plight of Endangered Hooved Animals in the Greater Mekong*. Hanoi: World Wide Fund For Nature.
- Yen, S.C., Wang, Y., Yu, P.H., Kuan, Y.P., Liao, Y.C., Chen, K.H. & Weng, G.J. 2019. Seasonal space use and habitat selection of sambar in Taiwan. *Journal of Wildlife Management* 83(1): 22-31.

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: matt@ukm.edu.my