

## Kesesuaian Habitat Tapir Malaya (*Tapirus indicus*) di Kawasan Hutan Terfragmentasi di Kompleks Hutan Taman Negara (Habitat Suitability of Malayan Tapir (*Tapirus indicus*) in a Fragmented Forest of Greater Taman Negara Complex)

NURUL ATIKAH TAJUL ARIFFIN<sup>1</sup>, MUZZNEENA AHMAD MUSTAPHA<sup>1,\*</sup>, TUKIMAT LIHAN<sup>1</sup>, NUR FATIN KHODRI<sup>2</sup>,  
TAHERAH MOHD TAHER<sup>3</sup>, NUR IZZATI ABDULLAH<sup>4</sup> & SHUKOR MD NOR<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Jabatan Sains Bumi dan Alam Sekitar, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

<sup>2</sup>Bahagian Kawasan Perlindungan, Ibu Pejabat Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara (PERHILITAN), KM 10, Jalan Cheras, 56100 Kuala Lumpur, Malaysia

<sup>3</sup>Institute of Energy and Infrastructure, Universiti Tenaga Nasional (UNITEN), 43000 Kajang, Selangor, Malaysia

<sup>4</sup>Jabatan Biologi dan Bioteknologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

Diserahkan: 5 Mei 2024/Diterima: 23 September 2024

### ABSTRAK

Tapir Malaya merupakan spesies endemik negara Asia dan populasi terbesar tapir Malaya adalah di Semenanjung Malaysia dengan rekod kurang daripada 1500 individu. Populasi tapir Malaya yang kian menyusut menyebabkan spesies ini disenaraikan sebagai spesies terancam sejak 2008 di dalam Senarai Merah IUCN. Kehilangan habitat serta kemalangan jalan raya menjadi punca utama penyusutan populasi spesies ini di Semenanjung Malaysia. Melalui kaedah pemodelan entropi maksimum, kajian ini bertujuan untuk mengenal pasti taburan habitat serta ciri habitat yang sesuai bagi tapir Malaya khususnya di kawasan hutan yang terfragmentasi di Kompleks Hutan Taman Negara. Sebanyak 582 rekod kehadiran tapir Malaya dan lima parameter sekitaran iaitu ketinggian, kecerunan, jarak dari perbandaran, jarak dari badan air dan jenis guna tanah digunakan untuk pemodelan. Faktor jenis guna tanah, ketinggian dan kecerunan paling banyak menyumbang kepada model iaitu sebanyak 34.3%, 31.6% dan 17.4%. Faktor jarak dari perbandaran menyumbang sebanyak 9.7% dan faktor jarak dari badan air menyumbang sebanyak 7.0%. Hasil model menunjukkan kawasan hutan yang berdekatan dengan sumber air dengan ketinggian tidak lebih dari 1000 m dan kecerunan kurang dari 30° merupakan habitat yang sesuai bagi tapir di kawasan ini. Ramalan model mendapati kebarangkalian kehadiran tapir adalah tinggi di kawasan perbandaran dan hortikultur. Keputusan kajian ini dapat menjadi panduan dan rujukan untuk usaha pemuliharaan akan datang di kawasan kajian dan juga kawasan seumpamanya.

Kata kunci: Entropi maksimum; fragmentasi habitat; kesesuaian habitat; Taman Negara; tapir Malaya

### ABSTRACT

The Malayan tapir is an endemic species of Asia, and the largest population of Malayan tapirs is found in Peninsular Malaysia, with a recorded number of not more than 1500 individuals. The declining population of the Malayan tapir has led it to be listed as an endangered species on the IUCN Red List since 2008. Habitat loss and road kills are the main causes of the decline in the population of this species. Through maximum entropy modeling, this study aims to identify the suitable habitat distribution and characteristics for the Malayan tapir, particularly in the fragmented forest areas within the Greater Taman Negara Forest Complex. A total of 582 records of Malayan tapir presence-only data and five environmental parameters namely elevation, slope, distance from urban areas, distance from water bodies, and land use types, were used in the modeling. Land use types, elevation, and slope contributed most to the model, accounting for 34.3%, 31.6%, and 17.4%, respectively. The distance from urban areas contributed 9.7%, while the distance from water bodies contributed 7.0%. The model indicates that forest areas near water sources, with elevations not exceeding 1000 m and slopes less than 30°, are suitable habitats for tapirs in this area. The model also predicted a high probability of tapir presence in urban and horticultural areas. The findings of this study can serve as a guide and reference for future conservation efforts in the study area and similar areas.

Keywords: Habitat fragmentation; habitat suitability; Malayan tapir; maximum entropy; Taman Negara

## PENGENALAN

Tapir Malaya (*Tapirus indicus*) yang juga dikenali sebagai tenek atau badak cipan merupakan haiwan herbivor yang lebih gemar bergerak sendirian. Tapir Malaya boleh dijumpai di pelbagai jenis hutan di tanah rendah termasuk hutan sekunder, hutan pergunungan rendah dan juga tanah bencah. Tapir Malaya merupakan satu-satunya spesies tapir yang berasal dari Asia serta merupakan spesies endemik di Asia Tenggara khususnya di selatan Thailand, Myanmar, Semenanjung Malaysia dan Sumatera, Indonesia, dengan rekod populasi terbesar di Semenanjung Malaysia iaitu tidak lebih daripada 1500 individu (Lynam et al. 2012). Pada sekitar 1990-an, taburan tapir Malaya dilaporkan meluas di semua negeri Semenanjung Malaysia kecuali Kuala Lumpur dan Pulau Pinang (Khan 1997). Namun, taburan tapir Malaya sangat terfragmentasi dan populasinya kian menyusut sejak 50 tahun lalu akibat kehilangan habitat (PERHILITAN 2017). Kini, tapir Malaya telah tersenarai sebagai spesies Terancam (EN) di bawah Senarai Merah IUCN sejak tahun 2008 (Traeholt et al. 2016).

Semenanjung Malaysia mempunyai sekitar 43% kawasan hutan yang terdiri daripada hutan primer dan hutan sekunder (Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia 2022). Hutan hujan tropika di Taman Negara merupakan antara yang tertua di dunia dengan anggaran usia sekitar 130 juta tahun, malah lebih tua dari hutan hujan tropika Amazon (UNESCO 2014). Taman Negara menyediakan habitat dan kawasan perlindungan yang besar bagi pelbagai spesies flora dan fauna yang endemik, langka, mahupun yang terancam seperti tapir Malaya. Kehilangan dan fragmentasi habitat di Semenanjung Malaysia akibat aktiviti pembangunan dan aktiviti pertanian berskala besar merupakan punca utama pengurangan populasi tapir Malaya (Arumugam et al. 2022; Clements et al. 2014). Habitat tapir Malaya menjadi lebih kecil dan terpisah-pisah menjadikannya lebih mudah diakses oleh manusia di samping sumber yang terhad menyebabkan lebih banyak tapir Malaya tersesar dari habitat asal.

Hidupan liar biasanya menjadi mangsa pemburuan untuk kegunaan tertentu seperti makanan, perubatan perhiasan mahupun sebagai trofi, namun tapir Malaya lebih kerap menjadi mangsa jerat dan jerangkap samar serta kemalangan jalan raya (Traeholt et al. 2016). Walaupun tapir Malaya tidak diburu secara amnya, aktiviti pemburuan haram tetap memberi kesan tidak langsung kepada tapir yang sering terperangkap oleh jerat yang disediakan untuk spesies lain. Sebanyak 21 ekor tapir Malaya telah diselamatkan daripada jerat kawat dari tahun 2018 hingga 2022 dengan pelbagai peringkat kecederaan (Lim et al. 2023). Tapir Malaya yang tersesar daripada habitat asal akibat kehilangan habitat mendedahkan spesies ini kepada konflik dengan manusia dan kemalangan jalan raya. Di Semenanjung Malaysia, data aduan konflik dan kemalangan jalan raya yang melibatkan tapir Malaya menunjukkan trend peningkatan dalam tempoh 10 tahun dengan 410 jumlah aduan pencerobohan ke kawasan

penempatan dan pertanian, serta 142 ekor tapir Malaya terkorban di jalan raya (Lim et al. 2022).

Model kesesuaian habitat berupaya menunjukkan potensi taburan kehadiran spesies di dalam kawasan yang sesuai bagi sesuatu spesies itu (Brown & Griscom 2022). Pemodelan kesesuaian habitat melalui kaedah entropi maksimum dihasilkan melalui algoritma yang menghitung taburan yang paling seragam iaitu entropi maksimum bagi data kehadiran sesuatu spesies, bergantung kepada parameter sekitaran sebagai faktor pengehad dan kemudian dibandingkan dengan entropi maksimum bagi keseluruhan kawasan geografi (Phillips, Dudik & Shapire 2004). Data kehadiran-sahaja digunakan di dalam pemodelan entropi maksimum, sementara keseluruhan kawasan kajian dianggap sebagai data latar belakang atau data pseudo-kehadiran yang dipilih secara rawak dengan andaian bahawa setiap sel mempunyai kebarangkalian yang sama untuk dipilih. Penggunaan model seumpama ini telah banyak diaplikasikan bagi tujuan pengurusan hidupan liar di pelbagai rantau dengan iklim yang berbeza seperti Asia Tenggara (Khodri et al. 2021; Pla-Ard et al. 2022), Amerika Selatan (Dias Tarli, Grandcolas & Pellens 2018), Eropah (Nelli et al. 2022) mahupun Afrika Selatan (Smith et al. 2012). Kaedah pemodelan entropi maksimum (MaxEnt) adalah kaedah yang popular kerana dapat memberikan hasil dalam tempoh yang singkat di samping keupayaan ramalan berketepatan tinggi berbanding kaedah lain, walaupun dengan saiz sampel yang kecil (Morales, Fernández & Baca-González 2017; Zhang et al. 2021). Walau bagaimanapun, kajian mengenai habitat tapir Malaya di Taman Negara dan hutan di sekitarnya masih belum mencukupi dalam usaha memulihara dan melindungi spesies terancam ini.

Kajian ini dijalankan untuk mengenal pasti taburan dan ciri habitat yang sesuai bagi tapir Malaya di kawasan hutan yang terfragmentasi iaitu di bahagian utara Kompleks Hutan Taman Negara menggunakan MaxEnt. Ramalan model yang terhasil dapat memberikan maklumat yang lebih khusus bagi kawasan kajian agar dapat menjadi rujukan bagi usaha konservasi di kawasan ini pada masa akan datang.

## BAHAN DAN KAEDAH

Terletak antara koordinat 4.605° N, 101.522° E dan 5.566° N, 102.633° E, kawasan kajian seluas 1,330,000 ha ini merangkumi bahagian utara Taman Negara, Kompleks Hutan Taman Negara dan Kompleks Hutan Banjaran Utama. Hutan simpan kekal yang terlibat dalam kawasan kajian ini antaranya adalah HS Gunung Stong, HS Batu Papan, HS Ulu Jelai, HS Gunung Rabong, HS Sg. Betis, HS Chiku, HS Tembat, HS Lebir, HS Relai, HS Sg. Brok, HS Serasa, HS Nenggiri, HS. Jentiang, HS Sg. Rek dan HS Ulu Temiang. Ciri topografi kawasan ini terdiri daripada tanah rendah dan juga kawasan pergunungan. Puncak tertinggi kawasan kajian ini ialah 2187 m dari paras laut iaitu di Gunung Tahan, Pahang yang juga termasuk sebahagian daripada Taman Negara. Habitat di antara Taman Negara

dengan hutan simpan di dalam Kompleks Hutan Taman Negara ini terfragmentasi dengan aktiviti perbandaran terutamanya jalan raya dan pertanian (Rajah 1).

Data kehadiran tapir Malaya yang digunakan dalam pemodelan merupakan data sekunder yang diperoleh daripada Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara (PERHILITAN). Sebanyak 7107 koordinat kehadiran spesies telah direkodkan antara tahun 1991 dan 2016 dalam bentuk data kehadiran-sahaja menggunakan peranti GPS mudah alih berdasarkan cerapan individu spesies dan tinggalan jejak seperti tapak kaki dan najis.

Lima parameter sekitaran yang digunakan pula terdiri daripada empat data selanjur iaitu ketinggian, kecerunan, jarak daripada perbandaran dan jarak dari badan air, serta satu data kategori iaitu jenis guna tanah. Lima parameter ini digunakan secara meluas dalam pemodelan habitat spesies seperti tapir dan mempunyai korelasi yang rendah antara satu sama lain (Khodri et al. 2023; Mohd Taher et al. 2021). Imej Landsat 8 bagi tahun 2018 telah dimuatturun daripada The United States Geological Survey USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) untuk menghasilkan data guna tanah yang dikelaskan kepada sembilan kategori iaitu hutan, pertanian, badan air, kawasan cerang, padang rumput, hortikultur, perbandaran, batu kapur dan hutan paya (Rajah 1). Data ketinggian dan kecerunan pula dihasilkan melalui data kontur yang diperoleh daripada Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM). Data jarak dari perbandaran serta jarak dari badan air diekstrak daripada data guna tanah. Pemetaan bagi parameter sekitaran dilakukan menggunakan ArcGIS 10.4 (ArcGIS 2015) dan diunjurkan kepada unjuran *Rectified Skew Orthomorphic Malaya Grid* dengan resolusi ruwang 30 m.

Pemodelan kesesuaian habitat tapir Malaya dihasilkan menggunakan perisian Maxent 3.4. Pemodelan yang menggunakan data kehadiran sahaja tanpa data ketidakhadiran akan mewujudkan kebarangkalian kerana persampelan berlaku secara tidak seimbang atau pincang (bias) (Elith et al. 2011; Merow, Smith & Silander Jr. 2013). Bagi mengelakkan hasil ramalan tersasar lebih atau kurang daripada nilai sebenar, bilangan lelaran maksimum ditetapkan dengan nilai 5000 untuk memberi ruang yang cukup agar pemodelan dapat mencapai pemusatan. Sebanyak 20 peratus data diasingkan daripada data kehadiran spesies untuk digunakan sebagai data ujian manakala 80 peratus data digunakan sebagai data latihan. Selain menetapkan agar kehadiran yang berada pada koordinat yang sama diabaikan, grid bias persampelan juga digunakan semasa pemodelan ini. Grid bias dihasilkan menggunakan kemudahan SDM Tools di dalam perisian ArcGIS 10.4. Semua titik kehadiran daripada dataset kajian digunakan sebagai titik input dan dianggap sebagai usaha persampelan, kemudian setiap sel diletakkan pemberat menggunakan kaedah ketumpatan kernel Gaussian. Sel grid bias dengan nilai minimum 1 menandakan tiada bias persampelan, manakala nilai yang lebih tinggi menandakan kewujudan bias persampelan

yang lebih tinggi (Philips, Dudik & Shapire 2004). Hasil tetapan Maxent ini menjadikan sebanyak 466 rekod kehadiran tapir Malaya sahaja digunakan untuk membina model, sementara 116 rekod kehadiran digunakan sebagai data ujian. Output logistik memberikan hasil pemodelan dalam nilai indeks 0 hingga 1.

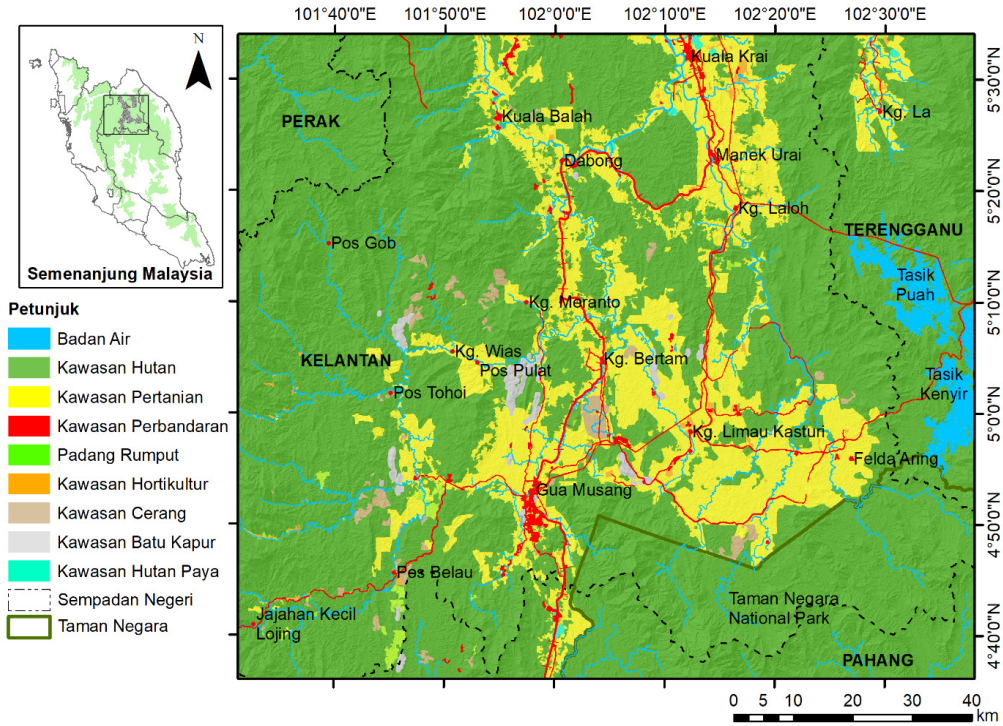
Prestasi pemodelan dinilai melalui analisis ketepatan bagi pemodelan data ujian yang melibatkan graf keluk Penerima Operasi Sifat (ROC). Nilai kawasan di bawah keluk ROC (AUC) digunakan untuk membezakan titik kehadiran dari titik latar belakang. Nilai AUC lebih daripada 0.9 sebagai berprestasi tinggi, nilai antara 0.7 hingga 0.9 sebagai berprestasi baik dan nilai 0.5 hingga 0.7 sebagai berprestasi rendah (Srivastava et al. 2020). Sumbangan parameter sekitaran terhadap model dinilai melalui pendekatan peratusan sumbangan, permutasi kepentingan dan ujian jackknife. Graf tindak balas parameter pula digunakan untuk menerangkan hubungan setiap parameter sekitaran dengan kebarangkalian kehadiran spesies berdasarkan model yang terhasil. Nilai ambang logistik persentil kesepuluh digunakan untuk membezakan nilai indeks habitat yang sesuai dan yang tidak sesuai dalam kajian ini.

#### HASIL KAJIAN

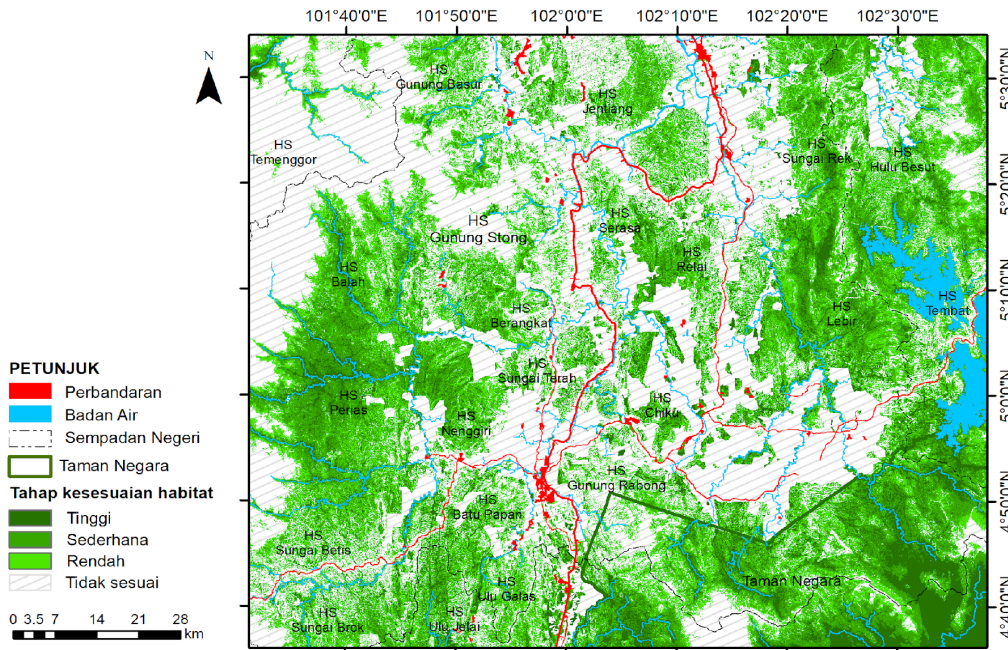
Model yang terhasil mempunyai nilai prestasi yang baik dengan nilai di bawah lengkung ROC (AUC) sebanyak 0.76. Model kesesuaian habitat tapir Malaya di atas nilai ambang logistik persentil kesepuluh memberikan habitat yang sesuai dengan jumlah keluasan 783,461 ha iaitu sebanyak 58.9% daripada keseluruhan kawasan kajian. Kawasan yang tidak sesuai di kawasan kajian secara umumnya diperhatikan ialah kawasan pertanian (Rajah 2). Kawasan tinggi seperti lereng banjaran Titiwangsa di bahagian barat kawasan kajian, termasuklah Hutan Simpan Temenggong adalah tidak sesuai. Kawasan hutan yang besar dan bersambung di dalam kawasan kajian menunjukkan kesesuaian yang lebih tinggi seperti kawasan Taman Negara, kawasan sekitar Hutan Simpan Ulu Jelai, sekitar Hutan Simpan Perias dan juga sekitar kawasan Hutan Simpan Lebir, Hutan Simpan Tembat dan Hutan Simpan Sungai Rek.

Melalui analisis peratusan sumbangan parameter terhadap model, faktor jenis guna tanah, ketinggian dan kecerunan paling banyak menyumbang kepada ramalan model iaitu masing-masing sebanyak 34.3%, 31.6% dan 17.4%, sementara jarak dari perbandaran menyumbang sebanyak 9.7% dan jarak dari badan air 7.0%. Analisis permutasi kepentingan juga menunjukkan jenis guna tanah, ketinggian dan kecerunan sebagai tiga parameter paling penting semasa pemodelan masing-masing dengan nilai 31.8%, 27.6% dan 21.0%, diikuti oleh jarak dari perbandaran (13.5%) dan jarak dari badan air (6.0%). Hasil analisis parameter ini mencadangkan bahawa jenis guna tanah, ketinggian dan kecerunan sebagai faktor





RAJAH 1. Peta guna tanah di kawasan kajian menunjukkan kawasan kompleks hutan yang terfragmentasi oleh aktiviti perbandaran terutamanya pertanian (kuning) dan jalan raya (merah). Peta ini telah dihasilkan menggunakan GIS dari data penderiaan jauh menggunakan perisian ArcGIS 10.4



RAJAH 2. Peta taburan habitat yang sesuai bagi tapir Malaya (*Tapirus indicus*) yang disimulasikan melalui pemodelan MaxEnt

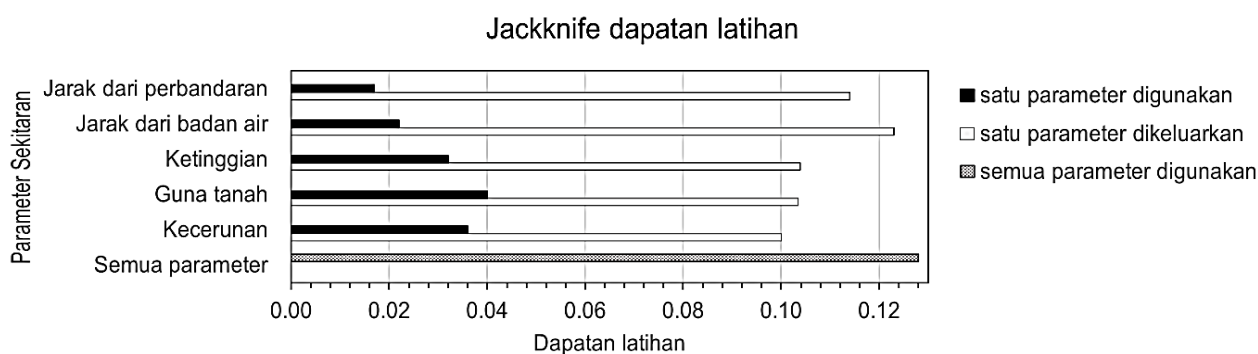
pengehad yang paling kuat mempengaruhi taburan tapir Malaya di kawasan kajian. Analisis parameter ini juga selari dengan ujian jackknife yang menunjukkan jenis guna tanah memberikan hasil tertinggi terhadap model apabila digunakan secara individu, sementara parameter kecerunan menyebabkan hasil model yang paling rendah apabila dikeluarkan daripada pemodelan (Rajah 3). Parameter yang paling bermaklumat adalah yang memberikan hasil terendah apabila diasingkan dan/atau yang memberikan hasil tertinggi apabila digunakan secara individu (Yale, Nisbet & Miner 2017).

Graf tindak balas bagi setiap parameter sekitaran memberikan gambaran yang lebih jelas bagi ramalan kesesuaian habitat model (Rajah 4). Keluk tindak balas bagi faktor ketinggian menunjukkan kebarangkalian yang tinggi iaitu lebih daripada 50% di sekitar ketinggian 200 hingga 1000 m dan menurun dengan mendadak pada ketinggian lebih daripada 1000 m. Kebarangkalian kehadiran yang tinggi ditunjukkan pada 0 hingga 20° kecerunan, semakin menurun apabila semakin curam dan menurun secara mendadak apabila kecerunan mencecah sekitar 30°. Berdasarkan keluk tindak balas jarak dari perbandaran, kebarangkalian kehadiran tapir Malaya adalah tinggi walaupun di kawasan perbandaran namun semakin meningkat apabila semakin jauh jarak darinya. Sebaliknya, kebarangkalian kehadiran tapir Malaya semakin berkurang apabila semakin jauh dari badan air dengan penurunan mendadak pada jarak 8 km. Carta palang bagi tindak balas jenis guna tanah menunjukkan badan air mempunyai kebarangkalian kehadiran tapir Malaya yang paling tinggi (63.5%) dan diikuti oleh hutan (53.7%). Jenis guna tanah perbandaran, hortikultur, hutan paya dan batu kapur menunjukkan kebarangkalian yang sama sederhana (51.5%). Tanah cerang dan kawasan pertanian mempunyai kebarangkalian yang rendah (di bawah 50%).

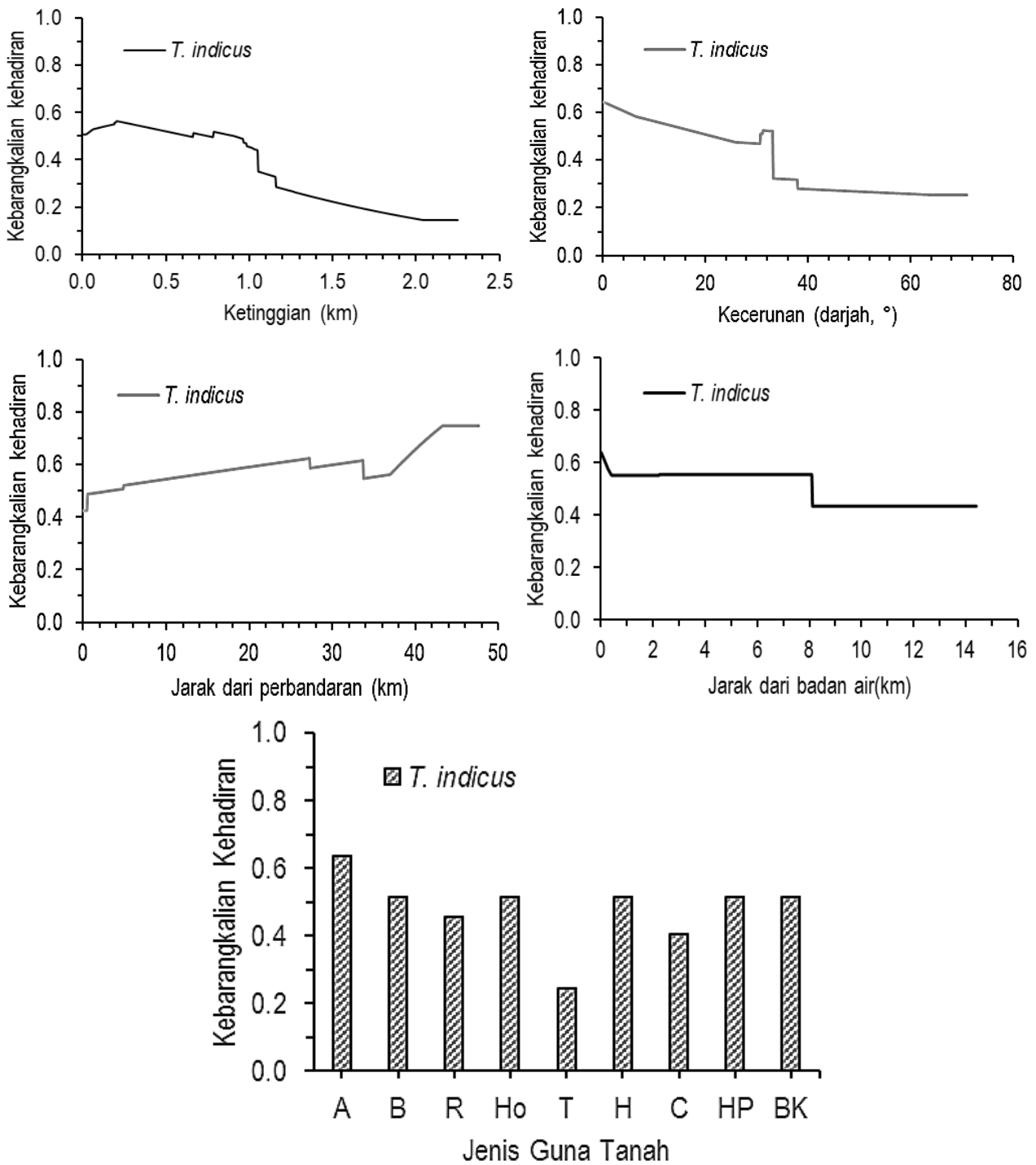
#### PERBINCANGAN

Berdasarkan model kesesuaian habitat tapir Malaya, jenis guna tanah paling kuat mempengaruhi pemilihan habitat tapir Malaya. Badan air dan hutan menunjukkan

kebarangkalian kehadiran yang paling tinggi (63.5% dan 53.7%) berdasarkan carta palang tindak balas jenis guna tanah. Walaupun data kehadiran tapir adalah lebih banyak jatuh di dalam guna tanah darat berbanding badan air, model Maxent mengenal pasti badan air sebagai kawasan yang paling sesuai kerana kebanyakan data adalah berhampiran sungai dan tasik. Pemodelan Maxent tidak hanya meramal kebarangkalian secara linear berdasarkan lokasi kehadiran sahaja, tetapi mengambil kira juga faktor seperti data latar dan kedekatan serta pengaruh parameter sekitaran terhadap kehadiran spesies (Merow, Smith & Silander Jr. 2013; Phillips, Dudik & Schapire 2004). Kebarangkalian kehadiran tapir juga dilihat menurun dengan mendadak pada jarak lebih dari 8 km berdasarkan keluk tindak balas jarak dari air. Menurut Garcia et al. (2012), pemilihan habitat oleh spesies tapir adalah berdasarkan dua faktor utama iaitu sumber makanan dan sumber air. Tapir perlu sentiasa berada berdekatan dengan kawasan badan air kekal seperti tasik, sungai dan kawasan bencah sebagai sumber minuman dan untuk menyejukkan suhu badan ketika waktu panas, selain sebagai tempat perlindungan daripada pemangsa. Hasil ini selari dengan ramalan Maxent oleh Clements et al. (2012) yang dijalankan ke atas seluruh Semenanjung Malaysia yang mendapati spesies ini lebih cenderung memilih kawasan hutan yang berhujan, basah dan sejuk. Kajian yang menggunakan perangkap kamera di Thailand mendapati kebarangkalian kehadiran tapir Malaya lebih tinggi di kawasan yang mempunyai purata hujan tahunan yang tinggi serta kawasan hutan yang basah (Lynam et al. 2012). Tapir Malaya merupakan spesies herbivor yang memakan pelbagai jenis tumbuh-tumbuhan dan bahagian tumbuhan seperti anak-anak pokok, pucuk daun, dahan-dahan lembut, akar dan juga kulit pokok di samping buah-buahan (Garcia et al. 2012). Perangkap kamera yang dipasang di beberapa kawasan hutan simpan dan kawasan perlindungan sekitar Semenanjung Malaysia mendapati selain faktor keberadaan badan air, kehadiran tapir Malaya meningkat dengan peningkatan bilangan pokok, peratus kanopi dan juga bilangan anak pokok atas faktor makanan dan perlindungan, manakala kehadiran



RAJAH 3. Hasil ujian jackknife ke atas hasil latihan bagi tapir Malaya



RAJAH 4. Graf tindak balas parameter sekitaran bagi model kesesuaian habitat tapir Malaya iaitu a) ketinggian, b) kecerunan, c) jarak dari perbandaran, d) jarak dari badan air dan e) jenis guna tanah (A: Badan Air; B: Perbandaran; R: Padang Rumput; Ho: Hortikultur; T: Pertanian; HT: Hutan; C: Cerang; HP: Hutan Paya; dan BK: Batu kapur)



berkurang dengan peningkatan pokok palma dan pokok tumbang atau mati kerana kesukaran untuk bergerak di kawasan seperti ini (Samantha et al. 2020).

Faktor kecerunan dan ketinggian merupakan faktor kedua dan ketiga terpenting bagi kesesuaian habitat tapir Malaya di kawasan kajian dengan peratus kepentingan masing-masing sebanyak 27.6% dan 21.0%. Potensi kehadiran tapir di kawasan kajian adalah di kawasan landai dengan kecerunan di bawah 30° dan altitud di bawah 1000 m. Magintan, Traeholt dan Karuppanannan (2012) melaporkan bahawa terdapat rekod kehadiran spesies ini pada altitud sehingga 2000 m namun, kelimpahan populasi tapir Malaya mempunyai kolerasi negatif dengan ketinggian atau kecerunan, kerana lebih banyak tapir Malaya yang dijumpai di kawasan tanah rendah.

Hasil model menunjukkan tapir Malaya di kawasan kajian mungkin tidak terlalu sensitif dengan kawasan perbandaran khususnya jaringan jalan raya dan menunjukkan kebarangkalian kehadiran lebih daripada 50% walaupun pada jarak 0 m. Terdapat kajian yang mendapati kadar kematian tapir Malaya di Semenanjung Malaysia paling banyak disebabkan oleh kemalangan jalan raya dan jalan pertanian (Jamhuri et al. 2020; Magintan, Traeholt & Karuppanannan 2012). Kasmuri, Nazar dan Mohd Yazid (2020) mendapati hampir 70 kes kemalangan jalan raya dalam tempoh 5 tahun sahaja adalah melibatkan tapir Malaya. Kajian Magintan, Traeholt dan Karuppanannan (2012) pula mendapati sebanyak 48% kes tapir Malaya yang terkeluar daripada habitatnya adalah di kawasan penempatan manusia. Dalam masa yang sama, kajian ini mendapati hampir keseluruhan kawasan pertanian di kawasan kajian sebagai tidak sesuai. Hal ini mungkin disebabkan oleh saiz kawasan pertanian yang terlalu luas untuk dilintasi. Kajian ke atas tapir Malaya yang ditranslokasi di Negeri Sembilan mendapati terdapat kecenderungan untuk mencari makan di pinggir hutan berdekatan penempatan manusia dan juga kawasan pertanian kerana kaya dengan sumber makanan (Mahathir et al. 2014; Mahathir et al. 2017). Spesies ini direkodkan sebagai spesies yang mempunyai adaptasi yang tinggi terhadap pelbagai jenis habitat dengan kawasan keliraran yang besar, namun cenderung memilih kawasan yang jauh daripada gangguan sekiranya diberi pilihan (Arumugam et al. 2022; Samantha et al. 2020).

Habitat hutan di kawasan kajian ini mempunyai kadar fragmentasi yang tinggi disebabkan oleh aktiviti pertanian serta jalan raya. Keadaan ini mungkin telah mempengaruhi atau memaksa tapir Malaya untuk melintasi kawasan perbandaran untuk mencari habitat dengan sumber makanan dan perlindungan yang lebih baik. Sifat tapir Malaya sebagai haiwan nokturnal dan lebih banyak bergerak aktif di waktu malam juga menyumbang kepada kemalangan jalan raya ini akibat sukar dilihat semasa melintas kawasan berisiko (Magintan, Traeholt & Karuppanannan 2012).

Lynam et al. (2012) pula berpendapat tapir Malaya kurang sensitif dengan gangguan kerana tidak menjadi sasaran pemburu. Pembinaan jalan raya dan perluasan aktiviti pertanian menyebabkan fragmentasi habitat hidupan liar seperti tapir Malaya. Antara langkah mitigasi yang boleh dilakukan adalah dengan mengenal pasti blok hutan yang terpisah-pisah dan memperbaiki kesambungan habitat agar dapat membantu tapir Malaya melintas antara blok hutan ini dengan lebih selamat.

#### KESIMPULAN

Kajian ini telah mengenal pasti taburan habitat yang sesuai bagi tapir Malaya di kawasan hutan terfragmentasi di Kompleks Hutan Taman Negara bahagian utara. Berdasarkan model, sebanyak 58.9% kawasan kajian adalah sesuai sebagai habitat tapir Malaya berbanding 77% kawasan hutan. Taburan habitat yang sesuai bagi tapir Malaya paling kuat dipengaruhi oleh faktor jenis guna tanah terutamanya badan air dan hutan, diikuti ketinggian dan kecerunan berdasarkan sumbangan parameter terhadap model. Secara umumnya, tapir Malaya cenderung memilih kawasan di bawah ketinggian 1000 m dari paras laut dengan kecerunan maksimum 30°. Kajian ini juga mendapati taburan habitat tapir Malaya bertumpu di kawasan yang berdekatan dengan badan air dan mempunyai tumbuh-tumbuhan khususnya kawasan hortikultur dan hutan. Walaupun tapir Malaya kebiasaannya mengelak kawasan jalan raya, kajian ini mendapati tapir Malaya berkemungkinan memilih kawasan berisiko ini sekiranya fragmentasi habitat tinggi di kawasan tersebut. Namun, kemalangan jalan raya yang sangat tinggi terhadap spesies tapir Malaya menunjukkan bahawa usaha pemuliharaan kawasan kajian perlu dilakukan dengan lebih giat. Antara kajian yang boleh dilakukan adalah mencadangkan koridor hidupan liar di kawasan yang berpotensi di kawasan ini. Hasil kajian ini memberikan maklumat yang khusus bagi kawasan kajian agar dapat digunakan sebagai rujukan bagi pembangunan yang lebih mampan serta usaha konservasi pada masa akan datang.

#### PENGHARGAAN

Kajian ini adalah sebahagian daripada Projek Central Forest Spine (CFS) yang ditaja oleh TNB Research Sdn Bhd di bawah geran penyelidikan ST-2017-007 melalui Universiti Kebangsaan Malaysia.

#### RUJUKAN

Arumugam, K.A., Luncha, A.S.A., Selvarajah, K., Selvadurai, S., Jambari, A., Azhar, B. & Annavi, G. 2022. The detection rate of Malayan tapir in relation to vegetation and landscape attributes at North Selangor Peat Swamp Forest, Peninsular Malaysia. *Journal of Wildlife and Parks* 37: 69-81.

- Brown, C.H. & Griscom, H.P. 2022. Differentiating between distribution and suitable habitat in ecological niche models: A red spruce (*Picea rubens*) case study. *Ecological Modelling* 472: 110102.
- Clements, G.R., Lynam, A.J., Gaveau, D., Yap, W.L., Lhota, S., Goosem, M., Laurance, S. & Laurance, W.F. 2014. Where and how are roads endangering mammals in Southeast Asia's forests? *PLoS ONE* 9(12): e115376.
- Clements, G.R., Rayan, D.M., Aziz, S.A., Kawanishi, K., Traeholt, C., Magintan, D., Yazi, M.F.A. & Tingley, R. 2012. Predicting the distribution of the Asian tapir in Peninsular Malaysia using maximum entropy modeling. *Integrative Zoology* 7(4): 400-406.
- Dias Tarli, V., Grandcolas, P. & Pellens, R. 2018. The informative value of museum collections for ecology and conservation: A comparison with target sampling in the Brazilian Atlantic Forest. *PLoS ONE* 13(11): e0205710.
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudik, M., Chee, Y.E. & Yates, C.J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17(1): 43-57.
- García, M.J., Medici, E.P., Naranjo, E.J., Novarino, W. & Leonardo, R.S. 2012. Distribution, habitat and adaptability of the genus *Tapirus*. *Integrative Zoology* 7(4): 346-355.
- Jamhuri, J., Edinoor, M.A., Kamarudin, N., Lechner, A.M., Ashton-Butt, A. & Azhar, B. 2020. Higher mortality rates for large-and medium-sized mammals on plantation roads compared to highways in Peninsular Malaysia. *Ecology and Evolution* 10(21): 12049-12058.
- Kasmuri, N., Nazar, N. & Mohd Yazid, A.Z. 2020. Human and animals conflicts: A case study of wildlife roadkill in Malaysia. *Environment-Behaviour Proceedings Journal* 5(13): 315-322.
- Khan, M. 1997. *Status and Action Plan of the Asian Tapir (Tapirus indicus)*. Switzerland: IUCN Gland.
- Khodri, N.F., Lihan, T., Mustapha, M.A., Taher, T.M., Ariffin, N.A.T., Abdullah, N.I., Darbis, N.D.A. & Atiqah, S.H. 2023. Ramalan kesesuaian habitat rusa sambar (*Rusa unicolor*) di kompleks hutan utama Taman Negara dan sekitarnya. *Sains Malaysiana* 52(2): 333-342.
- Khodri, N.F., Lihan, T., Mustapha, M.A., Taher, T.M., Ariffin, N.A.T., Abdullah, N.I. & Nor, S.M. 2021. Prediction of leopard habitat suitability in Taman Negara main forest complex, Malaysia. *Journal of Environmental Biology* 42: 806-811.
- Lim, E.A.L., Puan, C.L., Hiew, M.W.H., Mohd Sanusi, M., Magintan, D. & Yawah, D. 2022. *Conservation of Malayan Tapir (Tapirus indicus): A Joint Effort Among Southeast Asian Countries*. Faculty of Forestry and Environment, Universiti Putra Malaysia.
- Lynam, A.J., Tantipisanuh, N., Chutipong, W., Ngoprasert, D., Baker, M.C., Cutter, P., Gale, G., Kitamura, S., Steinmetz, R., Sukmasuang, R. & Thunhikorn, S. 2012. Comparative sensitivity to environmental variation and human disturbance of Asian tapirs (*Tapirus indicus*) and other wild ungulates in Thailand. *Integrative Zoology* 7(4): 389-399.
- Magintan, D., Traeholt, C. & Karuppanannan, K.V. 2012. Displacement of the Malayan Tapir (*Tapirus indicus*) in Peninsular Malaysia from 2006 to 2010. *Journal of Primatology* 27(3): 713-745.
- Mahathir, M., Donny, Y., Noor, J.N.J., Magintan, D., Anuar, I., Shahril, E.J., Rosli, S., Norzalie, A.S., Mohd Shafiq, A.L., Zaihamrizal, A.H., Amri, I., Mamat, S., Pazil, A.P., Traeholt, C., Simpson, B., Sanusi, M. & Rizal, A.R. 2017. Movement patterns of a translocated Malayan tapir in Senaling Inas Forest Reserve, Negeri Sembilan. *Journal of Wildlife and Parks* 32: 13-21.
- Mahathir, M., Magintan, D., Rahmah, I., Donny, Y., Abu Zahrim, I., Simpson, B. & Sanusi, M. 2014. Experience on capturing and translocating displaced tapir from Kg Mertang, Kuala Pilah and Kg Purun, Tanjung Ipoh, Negeri Sembilan to Krau Wildlife Reserve, Pahang, Malaysia. *Journal of Wildlife and Parks* 28: 19-24.
- Merow, C., Smith, M.J. & Silander Jr., J.A. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography* 36(10): 1058-1069.
- Mohd Taher, T., Lihan, T., Tajul Arifin, N.A., Khodri, N.F., Ahmad Mustapha, M., Abdul Patah, P., Razali, S.H.A. & Mohd Nor, S. 2021. Characteristic of habitat suitability for the Asian elephant in the fragmented Ulu Jelai Forest Reserve, Peninsular Malaysia. *Tropical Ecology* 62: 347-358.
- Morales, N.S., Fernández, I.C. & Baca-González, V. 2017. MaxEnt's parameter configuration and small samples: are we paying attention to recommendations? A systematic review. *PeerJ* 5: e3093.
- Nelli, L., Schehl, B., Stewart, R.A., Scott, C., Ferguson, S., MacMillan, S. & McCafferty, D.J. 2022. Predicting habitat suitability and connectivity for management and conservation of urban wildlife: A real-time web application for grassland water voles. *Journal of Applied Ecology* 59(4): 1072-1085.
- Perangkaan Perhutanan 2022. Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia. forestry.gov.my/my/pusat-sumber/2016-0607-03-12-29 (Diakses 2 April 2024).
- PERHILITAN. 2017. *Red List of Mammals for Peninsular Malaysia*. Kuala Lumpur: Jabatan Hidupan Liar dan Taman Negara.
- Philips, S.J., Dudik, M. & Shapire, R.E. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modelling. In *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning*.



- Pla-Ard, M., Khioesree, N., Sungkalak, B., Nathalang, A., Thomas, W., Uthairatsamee, S., Paansri, P., Chanachai, Y. & Sukmasuang, R. 2022. Population characteristics and habitat suitability of Khao Yai National Park, Thailand for Asian elephant and five ungulate species. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 23(1): 231-243.
- Samantha, L.D., Tee, S.L., Kamarudin, N., Lechner, A.M. & Azhar, B. 2020. Assessing habitat requirements of Asian tapir in forestry landscapes: Implications for conservation. *Global Ecology and Conservation* 23: e01137.
- Smith, A., Page, B., Duffy, K. & Slotow, R. 2012. Using Maximum Entropy modeling to predict the potential distributions of large trees for conservation planning. *Ecosphere* 3(6): 1-21.
- Srivastava, V., Griess, V. C., & Keena, M. A. 2020. Assessing the potential distribution of Asian gypsy moth in Canada: A comparison of two methodological approaches. *Scientific reports* 10(1): 22.
- Traeholt, C., Novarino, W., bin Saaban, S., Shwe, N.M., Lynam, A., Zainuddin, Z., Simpson, B. & bin Mohd, S. 2016. *Tapirus indicus*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. 8235: 1-17.
- UNESCO World Heritage Convention. 2014. whc.unesco.org/en/tentativelists/5927 (Diakses 2 April 2024).
- Yale, K., Nisbet, R. & Miner, G.D. 2017. *Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications*. Elsevier.
- Zhang, S., Liu, X., Li, R., Wang, X., Cheng, J., Yang, Q. & Kong, H. 2021. AHP-GIS and MaxEnt for delineation of potential distribution of Arabica coffee plantation under future climate in Yunnan, China. *Ecological Indicators* 132: 108339.

\*Pengarang untuk surat menyurat; email: muzz@ukm.edu.my