

Impak Penyerpihan Habitat terhadap Kepelbagaian Spesies Mamalia di Koridor Ekologi *Central Forest Spine* (CFS), Kompleks Hutan Banjaran Titiwangsa, Semenanjung Malaysia

(The Impact of Habitat Fragmentation on Mammal Species Diversity at the Central Forest Spine Ecological Corridor (CFS), Main Range Forest Complex, Peninsular Malaysia)

NUR IZZATI ABDULLAH^{1,*}, MUHAMMAD RIZAL ABDUL RAHIM², NURUL DARSANI AMAT DARBI³, NOR ATIQA NORAZLIMI⁴ & SHUKOR MD NOR¹

¹Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

²Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara (PERHILITAN) Semenanjung Malaysia, KM 10, Jalan Cheras, 56100 Kuala Lumpur, Wilayah Persekutuan, Malaysia

³Tenaga Nasional Berhad (TNB) Research Sdn. Bhd. No. 1, Lorong Ayer Itam, Kawasan Institusi Penyelidikan, 43000 Kajang, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

⁴Fakulti Sains Gunaan dan Teknologi, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (Kampus Pagoh), Muar 84600, Johor Darul Takzim, Malaysia

Diserahkan: 30 Mac 2022/Diterima: 17 Julai 2022

ABSTRAK

Penyerpihan habitat adalah pemacu kepada isu kepupusan pelbagai spesies yang menyebabkan serpihan hutan menjadi lebih kecil dan terpencil. Kajian ini dijalankan bertujuan untuk mengukur komposisi serta kepelbagaian spesies mamalia terestrial (bersaiz sederhana dan besar) di koridor ekologi CFS1:PL1 dan CFS1:PL6. Pemasangan 211 perangkap kamera di kedua-dua koridor berjaya menghasilkan sejumlah 43,799 imej bebas (8,594 perangkap/malam). Sebanyak 30 spesies mamalia berjaya direkodkan dengan 28 spesies daripadanya ditemui di PL1 dan 17 spesies di PL6. Artiodactyla adalah Order yang menunjukkan kekerapan hadir tertinggi (869 imej bebas) manakala Karnivora adalah Order yang mencatatkan kepelbagaian spesies tertinggi (14 spesies). Sebanyak sembilan spesies menyumbang kepada lebih daripada 90% komuniti mamalia di PL1 dan PL6 dan tiada perbezaan yang signifikan antara komuniti mamalia di kedua-dua kawasan kajian. Hasil analisis mendapati babi hutan (*Sus scrofa*) (PCRI = 62.17), kijang (*Muntiacus muntjak*) (PCRI = 31.20) dan beruang matahari (*Helarctos malayanus*) (PCRI = 15.14) merekodkan kekerapan (PCRI > 10) yang tinggi melintasi koridor PL1. Manakala di PL6, spesies yang sering direkodkan ialah kijang (*Muntiacus muntjak*) (PCRI = 47.70), tapir Malaya (*Tapirus indicus*) (PCRI = 26.21), babi hutan (*Sus scrofa*) (PCRI = 23.61), gajah Asia (*Elephas maximus*) (PCRI = 11.57) dan seladang (*Bos gaurus*) (PCRI = 10.63). Walau bagaimanapun, kekerapan melintasi koridor bagi mamalia sederhana hanya dilihat di PL1 sahaja oleh spesies pelanduk/napuh (*Tragulid* sp.) (PCRI = 20.88) dan landak raya (*Hystrix brachyura*) (PCRI = 14.68). Tuntasnya, langkah pemuliharaan yang lebih efektif dan pelan pembinaan lintasan hidupan liar perlu dilaksanakan di kedua-dua koridor memandangkan koridor ini digunakan pada frekuensi yang tinggi.

Kata kunci: *Central Forest Spine*; kepelbagaian spesies; koridor ekologi; mamalia; perangkap kamera

ABSTRACT

Habitat fragmentation is a key driver to the issue of multi-species extinction which causes forest fragments to become smaller and more isolated. This study was conducted to determine the composition and diversity of terrestrial mammal species (medium to large size) in the ecological corridors of CFS1:PL1 and CFS1:PL6. The installation of 211 camera traps in both corridors successfully recorded a total of 43,799 independent images (8,594 traps/night). There are a total of 30 mammalian species documented, including 28 species in PL1 and 17 species in PL6. The Order with the highest frequency of presence (869 independent images) was Artiodactyla, while the Order with the highest species

diversity was Carnivore (14 species). There were no significant differences between the mammalian communities in the two study areas, and nine species contributed to more than 90% of the mammalian communities in PL1 and PL6. This analysis found that wild boar (*Sus scrofa*) (PCRI = 62.17), barking deer (*Muntiacus muntjak*) (PCRI = 31.20), and sun bear (*Helarctos malayanus*) (PCRI = 15.14) recorded a high frequency of crossing the ecological corridor (PCRI > 10) of PL1. While in PL6, the most frequently recorded species were barking deer (*Muntiacus muntjak*) (PCRI = 47.70), Malayan tapir (*Tapirus indicus*) (PCRI = 26.21), wild boar (*Sus scrofa*) (PCRI = 23.61), Asian elephant (*Elephas maximus*) (PCRI = 11.57) and gaur (*Bos gaurus*) (PCRI = 10.63). However, for medium sized mammals, the frequency of crossing the corridor was only seen in PL1 by the species of mousedeer (*Tragulus* sp.) (PCRI = 20.88) and Malayan porcupine (*Hystrix brachyura*) (PCRI = 14.68). Therefore, more effective conservation plans and wildlife crossing structure need to be implemented in both corridors as these corridors were used at high frequencies.

Keywords: Camera trap; Central Forest Spine; ecological corridor; mammals; species diversity

PENGENALAN

Malaysia merupakan salah sebuah negara yang mempunyai rizab hutan simpan yang kaya dengan kepelbagaian spesies flora dan fauna. Seiring dengan peningkatan populasi dunia dan permintaan tinggi terhadap sumber alam, penerokaan rizab hutan di Malaysia berada di ambang kemusnahan yang boleh membawa kepada konflik lain seperti isu perubahan iklim, kepupusan spesies, penyerpihan habitat dan degradasi hutan (Barber et al. 2014; Thomas & Gillingham 2015). Terdapat sejarah yang panjang mengenai penubuhan kawasan perlindungan hutan di Semenanjung Malaysia yang pertama iaitu Rizab Chior, yang telah diwartakan pada tahun 1903 (Hezri 2014). Sejak dari itu, jumlah cadangan kawasan hutan yang perlu dilindungi telah ditingkatkan melalui urusan pewartaan dan pengurusan yang dilakukan oleh kerajaan persekutuan dan negeri (Suksuwan 2008). Walau bagaimanapun, masih terdapat sebahagian besar kawasan hutan di pesisir Semenanjung Malaysia telah ditukar menjadi ladang pertanian dan pambandaran (Tee et al. 2018). Kini, sebahagian besar kawasan hutan yang tinggal adalah di kompleks hutan Banjaran Utama, yang menjadi legeh-legeh bagi sungai-sungai utama di Semenanjung Malaysia.

Secara amnya, kompleks hutan Banjaran Utama dipilih sebagai kawasan kajian kerana terdapat dua rangkaian ekologi utama iaitu CFS1:PL1 dan CFS1:PL6 yang perlu dilindungi di dalam kompleks ini. Dua rangkaian utama ini dikenal pasti sebagai kawasan penting yang membantu mewujudkan semula penghubung hutan dalam usaha untuk mencapai pertalian utama CFS. Dua rangkaian ekologi ini juga adalah antara rangkaian ekologi yang paling hampir dengan Taman Negara, iaitu hutan terpenting dan kawasan perlindungan terbesar. Taman Negara merupakan kawasan hutan yang

menampung lebih 3,000 spesies tumbuhan, 480 spesies burung, 150 spesies mamalia termasuk beberapa mamalia terancam seperti seladang, harimau Malaya, tapir dan gajah, (UNESCO 2019) dan lebih daripada 80 spesies kelawar (Ahmad 2007). Bukan sahaja Taman Negara, Semenanjung Malaysia sendiri merupakan salah satu daripada 25 kawasan titik panas eko-terrestrial yang terkaya dan terancam secara global (Myers et al. 2000). Namun, sehingga kini, tidak banyak yang diketahui sama ada angka ini menggambarkan kenyataan sebenar, kerana habitat mamalia di negara kita terus-menerus dieksploitasi dan menghadapi ancaman besar seperti kemusnahan dan kehilangan habitat.

Menyedari haiwan liar semakin diancam kepupusan, PLANMalaysia menerusi Rancangan Fizikal Negara Ke-2 (RFN 2) mengenal pasti bahawa penyerpihan hutan merupakan ancaman terbesar terhadap kemandirian spesies dan integriti ekologi (Rocha et al. 2018). Perubahan guna tanah hutan di Malaysia disebabkan oleh pembangunan bandar, jalan raya dan pertanian telah menyebabkan penyerpihan hutan yang mengakibatkan gangguan pergerakan bebas hidupan liar. Oleh itu, koridor ekologi hidupan liar diharapkan dapat menterbalikkan kesan ekologi penyerpihan landskap dengan meningkatkan hubungan habitat di antara kompleks hutan yang terpisah. Di samping itu, rangkaian koridor ekologi adalah penting untuk memastikan kesinambungan populasi, penyebaran variasi genetik, peningkatan kawasan untuk mencari makanan bagi kebanyakan spesies dan kepelbagaian habitat. Selain itu, manfaat lain yang bakal diperoleh adalah peningkatan kadar migrasi bagi populasi spesies ke habitat sesuai yang lain (Caro, Jones & Davenport 2009).

Walaupun Banjaran Utama merangkumi hampir keseluruhan kawasan hutan hujan dataran rendah yang

masih asli di Semenanjung Malaysia, namun, kajian terkini yang menilai status kepelbagaian biologi di kompleks hutan Banjaran Utama dan hubungan di antara kepelbagaian spesies mamalia dan ciri-ciri landskapnya tidak mencukupi. Jurang penyelidikan ini sebahagiannya didorong oleh faktor kesukaran untuk memantau kebanyakan spesies mamalia yang nokturnal dan kriptik (perahsia) jika dibandingkan dengan spesies mamalia yang lebih nyata seperti tupai dan primat. Spesies mamalia di hutan hujan tropika adalah antara spesies yang terancam secara global dan juga merupakan spesies yang kurang diteliti akan statusnya atas sebab kesukaran menjalankan kajian di lapangan (Gonthier & Castañeda 2013; Tobler et al. 2008). Oleh itu, tinjauan sistematik di lapangan melalui kaedah pemasangan perangkap kamera amat diperlukan agar urusan pendokumentasian hidupan liar dapat dijalankan terutamanya bagi spesies mamalia kriptik dan nokturnal (Mugerwa et al. 2013).

Oleh itu, antara objektif yang ingin dicapai dalam kajian ini adalah seperti berikut; untuk mengkaji komposisi spesies mamalia terrestrial bersaiz sederhana dan besar berserta status pemuliharaan IUCN (2019) dan membuat perbandingan kekayaan spesies mamalia dan kelimpahan relatif antara rangkaian ekologi CFS1:PL1 dan CFS1:CFS6. Selain itu, dengan memahami perkaitan antara gangguan habitat serta pengetahuan mengenai spesies dan komuniti yang berlaku dalam kawasan perlindungan, ini dapat membantu dalam mengenal pasti tapak pemuliharaan teras di kawasan kajian.

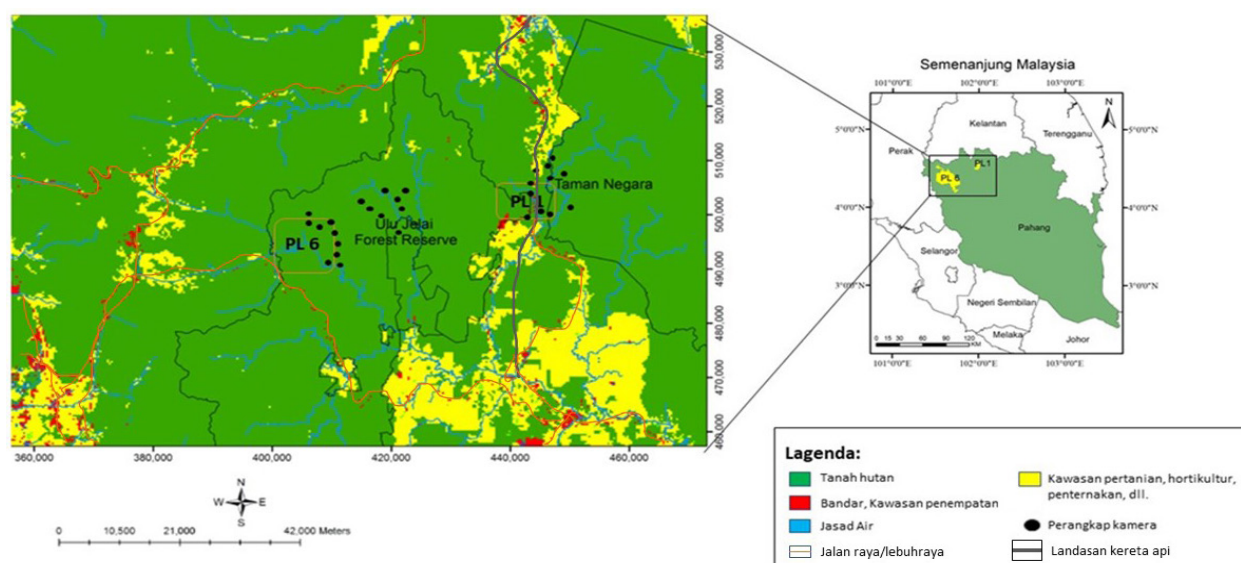
BAHAN DAN KAEDAH

KAWASAN KAJIAN

CFS1 terdiri daripada beberapa rangkaian ekologi yang

membentuk jaringan dan koridor ke kawasan hutan simpan yang lebih terpencil. Namun begitu, hanya dua rangkaian ekologi utama yang dipilih untuk dikaji iaitu; PL1 dan PL6 (Rajah 1). Rangkaian Utama PL1 (CFS1:PL1; HS Tanum – Koridor Ekologi Sungai Yu) terletak di daerah Kuala Lipis, Pahang di kordinat $4^{\circ} 31' 56''$ U, $101^{\circ} 59' 31''$ T. CFS1:PL1 terletak di dalam mukim Batu Yon yang bersebelahan dengan Taman Negara, kira-kira 45 minit perjalanan daripada bandar Kuala Lipis. Kedudukan rangkaian ekologi di habitat hutan semula jadi ini menyokong pelbagai spesies mamalia dan burung. Antara hasil pemerhatian di lapangan, terdapat beberapa mamalia besar, terutamanya gajah dan harimau yang menggunakan jalan ini sebagai koridor penghubung yang penting untuk bergerak di antara Kompleks Hutan Banjaran Utama dan Taman Negara.

Rangkaian Utama PL6 (CFS1:PL6) juga terletak di daerah Kuala Lipis (Ulu Jelai) yang merangkumi kawasan seluas 52,774 hektar. Rangkaian ini berada di kedudukan garisan latitud 40° U hingga $40^{\circ} 3'$ U dan longitud $1010^{\circ} 20'$ T hingga $1010^{\circ} 24'$ T. Kawasan ini adalah kawasan dataran tinggi di sebelah Timur Tanah Tinggi Cameron dan terletak di sebelah Barat Taman Negara yang terdiri daripada beberapa rizab hutan kekal yang diuruskan oleh Jabatan Perhutanan Negeri masing-masing. Kawasan ini dikelaskan sebagai hutan pengeluaran, terutamanya untuk pembalakan dan perlombongan emas dan besi. Seperti yang disyorkan dalam Rancangan Fizikal Negara, koridor ekologi ini merupakan salah satu kawasan ekologi penting yang perlu dikekalkan untuk memelihara hutan semula jadi dan menjaga kemandirian hidupan liar.



RAJAH 1. Kawasan kajian di *Central Forest Spine*; CFS1: PL1 dan CFS1:PL6

PEROLEHAN DATA

Pemilihan tempat bagi pemasangan perangkap kamera di kawasan kajian dilakukan secara rawak dengan kamera dipasang di sepanjang laluan hidupan liar yang berpotensi tinggi menjadi laluan spesies mamalia di kawasan kajian. Persampelan pemasangan perangkap kamera telah dijalankan sejak Februari 2017 hingga Disember 2018 di PL1 manakala April 2017 sehingga Julai 2017 di PL6. Sejumlah 211 perangkap kamera berjenama Bestok™ telah dipasang di sekitar kawasan kajian iaitu di sekitar rangkaian PL1 (137 buah perangkap kamera) dan PL6 (74 buah perangkap kamera). Perangkap kamera yang dipasang di lapangan telah dilabel terlebih dahulu dengan nombor yang menggambarkan plot kajian dan lokasi setiap perangkap kamera yang dipasang direkodkan kordinat dengan menggunakan garmin model GPS 60CSx. Setiap perangkap kamera dipasang secara berpasangan iaitu dengan jarak tujuh hingga 10 meter (Trolliet et al. 2014) dengan salah satu daripadanya ditetapkan untuk mengambil gambar manakala pasangannya ditetapkan untuk merekod video. Kaedah ini membantu dalam meningkatkan pengesanan hidupan liar dan mengurangkan keberangkalan subjek terlepas daripada direkod. Perangkap kamera dipasang di pohon pokok pada ketinggian 50 sentimeter jarak daripada tanah bagi membolehkan haiwan dengan julat saiz daripada sederhana sehingga besar dapat direkodkan (Mugerwa et al. 2013).

Perangkap kamera ditetapkan untuk beroperasi 24 jam sehari dan dibiarkan berjalan untuk tempoh minimum sebulan sebelum pemeriksaan seterusnya; sama ada untuk menukar bateri, menukar kad memori (atau memuat turun gambar) atau untuk memastikan perangkap kamera berfungsi dengan baik. Storan kad digital berkapasiti 8 GB dan lapan sel kering AA digunakan untuk setiap kamera agar kamera boleh beroperasi dalam tempoh yang ditetapkan. Pengesanan bebas ditetapkan pada 60 minit setiap pencetus dan tetapan sela antara setiap gambar berturut-turut ditetapkan pada tempoh 10 saat (Meek et al. 2014).

Kajian ini memfokuskan kepada komposisi komuniti mamalia bersaiz sederhana dan besar di kawasan kajian. Berdasarkan takrifan Rocha et al. (2018), mamalia sederhana ialah haiwan yang mempunyai jisim badan antara lima hingga 20 kilogram dan mamalia bersaiz besar adalah haiwan yang mempunyai jisim badan melebihi 50 kg. Masyarakat setempat yang berdekatan dengan kawasan kajian terutamanya Orang Asli tempatan dimaklumkan mengenai aktiviti pemasangan kamera untuk mengelakkan kamera dirosakkan atau dicuri sepanjang tempoh ia ditinggalkan.

ANALISIS DATA

Semua imej yang direkod dikelaskan sehingga peringkat spesies berdasarkan rujukan daripada Francis dan Barret (2008) dan disusun dan dikelaskan dalam aplikasi pengurusan foto DigiKam 7.2.0 yang telah dihubungkan dengan pakej CamtrapR (Niedballa et al. 2016) dalam perisian R-3.5.0 (R Core Team 2019). Bagi mengelak gambar yang berturutan untuk sesuatu individu spesies, tempoh sela masa 60 minit ditetapkan agar gambar setiap individu mamalia yang direkod dapat dibezakan. Proses ini penting bagi mengurangkan potensi untuk mengulang kira individu yang sama bagi setiap imej yang direkodkan (Niedballa et al. 2016).

Analisis Peratus Persamaan (SIMPER) dijalankan bagi mengenal pasti spesies yang paling banyak menyumbang kepada perbezaan komposisi spesies di kedua-dua Rangkaian Utama PL1 dan PL6 (Clarke 1993). Ujian SIMPER telah dijalankan menggunakan analisis statistik multivariat melalui PAST versi 3.06. Andaian yang dibuat ialah setiap pemerhatian atau imej yang direkodkan dihitung sebagai satu individu yang berbeza (iaitu individu yang sama tidak diperhatikan atau direkodkan dua kali). Analisis Kesamaan (ANOSIM) pula digunakan untuk mengkaji perbezaan komposisi spesies mamalia antara hutan di Rangkaian Utama PL1 dan PL6 dengan menjalankan ujian permutasi sebanyak 999 bagi mendapatkan keputusan inferens. Ukuran persamaan *Bray-Curtis* pula digunakan bagi membandingkan setiap spesies di habitat PL1 dan PL6.

Bagi mengenal pasti kekerapan spesies mamalia yang melintasi jaringan ekologi PL1 dan PL6, Indeks Kadar Tangkapan Fotografi (PCRI) dihitung di setiap kawasan kajian dengan menggunakan persamaan: $PCRI = N * 1000 / \Sigma \text{perangkap/malam}$. PCRI setiap spesies telah dikategorikan kepada tiga jenis kelimpahan, iaitu, $< 10 =$ spesies nadir, $10 - 100 =$ spesies biasa, dan $> 100 =$ spesies yang banyak (Bartholomew 2017). PCRI digunakan bagi mengurangkan bias dalam mengesan kekerapan apabila saiz sampel tidak sama di setiap kawasan kajian.

Selain itu, Indeks Kelimpahan Relatif (RAI) bagi setiap stesen persampelan turut dihitung dan graf RAI berkolerasi dengan kekayaan spesies dibuat bagi mengukur keberkesanan kesemua tujuh stesen perangkap kamera sebagai lintasan hidupan liar secara berasingan. Kekayaan spesies ditakrifkan sebagai jumlah bilangan spesies mamalia yang dikesan di setiap stesen perangkap kamera dan di sepanjang tempoh persampelan dijalankan. Manakala, Indeks Kelimpahan Relatif dihitung dengan menggunakan persamaan: $RAI = 100 * (N / \Sigma \text{perangkap/malam})$. RAI digunakan bagi mengurangkan bias antara stesen perangkap kamera

dengan menyeragamkan setiap stesen kepada 100 hari usaha persampelan (Clements 2011).

Pakej camtrapR turut digunakan untuk menghitung data pengesanan/bukan pengesanan (1/0) bagi digunakan dalam analisis penghunian. Satu minggu tempoh persampelan perangkap kamera (tujuh hari) telah dimampatkan bagi mewakili setiap satu tinjauan. Perisian PRESENCE (Hines 2006) digunakan untuk mendapatkan anggaran penghunian (Ψ) dan kebarangkalian pengesanan (P) bagi setiap satu spesies di setiap tapak kajian.

HASIL KAJIAN

KOMPOSISI SPESIES MAMALIA SEDERHANA DAN BESAR DI PL1 DAN PL6

Hasil persampelan di PL1 dan PL6 telah merekodkan sejumlah 43,799 imej daripada 211-unit perangkap kamera yang dipasang. Secara berasingan, PL1 dan PL6, masing-masing telah merekodkan sebanyak 6,879 dan 1,957 jumlah imej daripada 4,359 dan 4,235 jumlah perangkap malam (p/m). Daripada keseluruhan 43,799 imej yang direkodkan, hanya 8,836 (20.17 %) imej yang dipilih untuk proses pengecaman spesies manakala 34,963 (79.83 %) imej tanpa hidupan liar (*ghost*) atau spesies luar daripada kategori kajian (seperti Avian dan Reptilia) yang turut direkodkan dikecualikan daripada analisis bagi kajian ini. Seperti yang dilihat pada Jadual 1, PL1 telah mencatatkan bilangan sebanyak 28 spesies dan PL6 pula sebanyak 17 spesies. Secara total, bilangan spesies mamalia terestrial yang direkodkan di kedua-dua kawasan kajian adalah sebanyak 30 spesies yang merangkumi tujuh Order dan 15 famili.

Namun begitu, daripada keseluruhan 30 spesies mamalia yang direkodkan, hanya 27 spesies yang berada dalam kategori mamalia terestrial sederhana dan besar yang membentuk lima Order dan 13 Famili. Antara kesemua 27 spesies mamalia bersaiz sederhana dan besar yang direkodkan di PL1 dan PL6, hanya dua spesies (*Presbytis siamensis* dan *Bos gaurus*) yang tidak dijumpai di PL1 tetapi direkodkan kewujudannya di PL6. Manakala di PL6 pula terdapat 11 spesies (*Cuon alpinus*, *Panthera tigris*, *Hemigalus derbyanus*, *Arctictis binturong*, *Arctogalidia trivirgata*, *Paguma larvata*, *Martes flavigula*, *Trachypithecus obscurus*, *Symphalangus syndactylus* dan *Rusa unicolor*) yang tidak direkodkan kehadirannya namun hadir di PL1. Lima Order yang direkodkan pula terdiri daripada Karnivora, Primat, Artiodactyla, Perissodactyla dan Proboscidea. Karnivora adalah penyumbang spesies yang tertinggi iaitu sebanyak 14 spesies daripada lima Famili. Primat diwakili oleh lima spesies, Artiodactyla

enam spesies, Perissodactyla dan Proboscidea masing-masing satu spesies. Dari sudut status perlindungan, menurut Jadual 1, tenggiling disenaraikan sebagai spesies terancam kepada kepupusan peringkat kritikal (CR) di dalam Senarai Merah IUCN (2019). Terdapat enam spesies yang berada di bawah kategori terancam kepada kepupusan (EN), iaitu anjing hutan, harimau Malaya, lotong cengkong, siamang, tapir Malaya dan gajah Asia. Selain itu, terdapat lapan spesies yang dikategorikan sebagai lemah terancam (VU), iaitu harimau dahan, harimau kumbang, binturong, beruang matahari, beruk, seladang, kambing gurun dan rusa sambar.

Berdasarkan peratusan daripada jumlah imej yang ditangkap di kedua-dua kawasan kajian, Artiodactyla adalah Order yang menunjukkan kekerapan hadir tertinggi di kawasan kajian iaitu sebanyak 869 imej bebas atau 64% daripada jumlah keseluruhan imej yang direkodkan. Artiodactyla terdiri daripada enam spesies yang merangkumi empat Famili iaitu Bovidae, Suidae, Cervidae dan Tragulidae. Suidae adalah di antara Famili yang merekodkan jumlah kekerapan hadir tertinggi iaitu 27.28% daripada jumlah keseluruhan imej. Karnivora adalah Order kedua tertinggi yang merekodkan kekerapan hadir ke kawasan kajian iaitu sebanyak 177 imej bebas atau 13% daripada jumlah keseluruhan imej. Walau bagaimanapun, Karnivora merekodkan kekayaan spesies tertinggi iaitu sebanyak 14 spesies. Order ketiga yang menunjukkan kekerapan hadir ke kawasan kajian adalah Perissodactyla dengan jumlah cerapan sebanyak 143 imej bebas atau 11% daripada jumlah keseluruhan imej yang dicerap. Primat adalah Order keempat yang merekodkan kekerapan hadir ke kawasan kajian dengan jumlah cerapan imej bebas sebanyak 104 atau 8% daripada jumlah keseluruhan cerapan dan didominasi oleh Famili Cercopithecidae. Berbeza pula bagi Proboscidea, Order yang mempunyai nilai kekerapan terendah hadir di kawasan kajian dengan 67 imej bebas atau 5% daripada jumlah keseluruhan imej yang direkodkan.

Tuntasnya, spesies yang mempunyai kekerapan tertinggi gambarnya diambil sepanjang tempoh persampelan didominasi oleh babi hutan (*Sus scrofa*) dengan 371 imej (27.28%) dan diikuti oleh kijang (*Muntiacus muntjak*) dengan 338 imej (24.85%). Selain itu, spesies lain yang dikenal pasti hadir di kawasan kajian adalah Tapir Malaya (*Tapirus indicus*) (10.51%) dengan 143 imej, pelanduk/napuh (*Tragulus* sp.) dengan 113 imej (8.31%), beruk (*Macaca nemestrina*) dengan 94 imej (6.91%) dan beruang madu (*Helarctos malayanus*) dengan 88 imej (6.47%). Spesies lain yang tidak dinyatakan diwakili oleh kurang daripada 5% daripada jumlah keseluruhan imej yang direkodkan. Walau bagaimanapun, terdapat tujuh spesies yang direkodkan

hanya sekali sahaja oleh perangkap kamera iaitu musang lamri (*Paguma larvata*), siamang (*Symphalangus syndactylus*), kambing gurun (*Capricornis sumatraensis*), harimau Malaya (*Panthera tigris*), binturong (*Arctictis binturong*), musang akar (*Arctogalidia trivirgata*), dan rusa sambar (*Rusa unicolor*) (Jadual 1).

JADUAL 1 Senarai semak berserta bilangan imej bebas (N) bagi setiap spesies mamalia terestrial yang direkodkan di PL1 dan PL6

No.	Order	Famili	Spesies	Nama Tempatan	IUCN	CFS1 (N)		
						PL1	PL6	
1	Karnivora	Canidae	<i>Cuon alpinus</i>	Anjing hutan	EN	5	-	
2			Felidae	<i>Catopuma temminckii</i>	Kucing tulap	NT	12	8
3		<i>Neofelis nebulosa</i>		Harimau dahan	VU	2	6	
4		<i>Panthera pardus</i>		Harimau kumbang	VU	4	12	
5		<i>Pardofelis marmorata</i>		Kucing dahan	NT	3	7	
6		<i>Prionailurus bengalensis</i>		Kucing batu	LC	3	4	
7		<i>Panthera tigris</i>		Harimau Malaya	EN	1	-	
8		Viverridae		<i>Viverra zibetha</i>	Musang kesturi	LC	2	10
9				<i>Hemigalus derbyanus</i>	Musang belang	NT	3	-
10				<i>Arctictis binturong</i>	Binturong	VU	1	-
11				<i>Arctogalidia trivirgata</i>	Musang akar	LC	1	-
12				<i>Paguma larvata</i>	Musang lamri	LC	1	-
13			Ursidae	<i>Helarctos malayanus</i>	Beruang matahari	VU	66	22
14		Mustelidae	<i>Martes flavigula</i>	Mengkira	LC	4	-	
15	Primat	Cercopithecidae	<i>Macaca fascicularis</i>	Kera	LC	4	1	
16			<i>Macaca nemestrina</i>	Beruk	VU	73	21	
17			<i>Trachypitecus obscurus</i>	Lotong cengkong	EN	1	-	
18		Hylobatidae	<i>Presbytis siamensis</i>	Lotong ceneka	NT	-	3	
19			<i>Symphalangus syndactylus</i>	Siamang	EN	1	-	
20	Artiodactyla	Bovidae	<i>Bos gaurus</i>	Seladang	VU	-	45	
21			<i>Capricornis sumatraensis</i>	Kambing gurun	VU	1	-	
22		Suidae	<i>Sus scrofa</i>	Babi hutan	LC	271	100	
23		Cervidae	<i>Muntiacus muntjak</i>	Kijang	LC	136	202	
24			<i>Rusa unicolor</i>	Rusa sambar	VU	1	-	
25			Tragulidae	<i>Tragulus</i> sp.	Pelanduk/Napuh	LC	91	22
26		Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus indicus</i>	Tapir Malaya	EN	32	111
27	Proboscidae	Elephantidae	<i>Elephas maximus</i>	Gajah Asia	EN	18	49	
28	Rodentia	Hystricidae	<i>Hystrix brachyura</i>	Landak raya	LC	64	25	
29			<i>Atherurus macrourus</i>	Landak nibong	LC	2	-	
30	Pholidota	Manidae	<i>Manis javanica</i>	Tenggiling	CR	1	-	
Jumlah Bilangan Order						7	6	
Jumlah Bilangan Famili						15	12	
Jumlah Bilangan Spesies						28	17	

Catatan. 1. Status IUCN: LC = Kurang membimbangkan; VU = Lemah terancam; EN = Terancam kepada kepupusan; CR = Kepupusan peringkat kritikal; NT = Hampir terancam mengikut Senarai Merah Spesies Terancam (IUCN 2019)

Berdasarkan Jadual 2, komuniti mamalia di PL1 didominasi oleh kijang (29.57%), diikuti oleh beruk (21.16%), tapir Malaya (8.70%), landak raya (6.96%), pelanduk/napuh (6.09%), gajah Asia (5.22%) babi hutan (4.93%), beruang matahari (4.06%) dan kucing tulap (3.48%). Manakala di hutan PL6, terdapat 10 spesies yang menyumbang lebih daripada 90% jumlah spesies yang direkodkan yang terdiri daripada tapir Malaya (23.12%), kijang (14.79%), gajah Asia (11.63%), seladang (11.22%), babi hutan (11.19%), landak raya (5.54%), beruang matahari (4.39%), beruk (4.27%), harimau kumbang (3.74%) dan musang kesturi (2.44%). Analisis peratus keseragaman SIMPER turut menunjukkan daripada kesemua spesies yang direkodkan, terdapat sembilan spesies yang menyumbang kepada 90%

dari mamalia saiz sederhana dan besar di kedua-dua kawasan kajian PL1 dan PL6 (Jadual 3). Tiga spesies yang hanya direkodkan di PL6 ialah seladang, kera dan lutong ceneka. Manakala di PL1, hanya 11 spesies direkodkan iaitu anjing hutan, mengkira, musang belang, siamang, harimau Malaya, rusa sambar, musang lamri, musang akar, kambing gurun, binturong dan lutong cengkong. Kesimpulannya, secara statistik, tiada perbezaan yang signifikan antara komuniti mamalia bersaiz sederhana hingga besar di kawasan PL1 dan PL6. Walau bagaimanapun, nilai R yang terhasil menunjukkan bahawa persamaan adalah lebih besar dalam kawasan kajian berbanding antara kawasan kajian (ANOSIM, bilangan pilih atur = 9999; Global R = 1 ; p = 0.34).

JADUAL 2. Kelimpahan dan komposisi spesies mamalia di koridor ekologi PL1 dan PL6. Purata ketidaksamaan dari segi komposisi spesies di PL1 ialah 43.07% dan PL6 ialah 55.21%

Koridor/Spesies	Purata ketaksamaan	Sumbangan spesies (%)	Kumulatif sumbangan (%)
<i>PL1</i>			
Kijang	12.73	29.57	29.57
Beruk	9.11	21.16	50.73
Tapir Malaya	3.75	8.7	59.42
Landak raya	3	6.96	66.38
Pelanduk/napuh	2.62	6.09	72.47
Gajah Asia	2.25	5.22	77.68
Babi hutan	2.12	4.93	82.61
Beruang matahari	1.75	4.06	86.67
Kucing tulap	1.5	3.48	90.15
<i>PL6</i>			
Tapir Malaya	12.77	23.12	23.12
Kijang	8.17	14.79	37.91
Gajah Asia	6.42	11.63	49.55
Seladang	6.19	11.22	60.77
Babi hutan	6.18	11.19	71.95
Landak raya	3.06	5.54	77.5
Beruang matahari	2.42	4.39	81.89
Beruk	2.36	4.27	86.15
Harimau kumbang	2.06	3.74	89.89
Musang kesturi	1.35	2.44	92.33

JADUAL 3. Kelimpahan dan komposisi spesies mamalia di kedua-dua koridor ekologi PL1 dan PL6. Purata ketidaksamaan dari segi komposisi spesies ialah 44.93%

Spesies	Purata ketidaksamaan		Sumbangan spesies (%)	Kumulatif sumbangan (%)
	PL1	PL6		
Babi hutan	2.122	6.178	26.27	26.27
Tapir Malaya	3.745	12.77	12.14	38.4
Pelanduk/napuh	2.622	0.7997	10.6	49
Kijang	12.73	8.169	10.14	59.14
Beruk	9.114	2.355	7.988	67.13
Seladang	3.106	6.194	6.912	74.04
Beruang matahari	1.748	2.424	6.759	80.8
Landak raya	2.996	3.061	5.991	86.79
Gajah Asia	2.247	6.424	4.762	91.56

KEPELBAGAIAN DAN TABURAN SPESIES MAMALIA
SEDERHANA DAN BESAR DI PL1 DAN PL6

Usaha persampelan perangkap kamera di kedua-dua kawasan kajian telah merekodkan sejumlah 8,594 perangkap/malam dan ini tidak termasuk hari ketika kamera tidak berfungsi disebabkan masalah teknikal, dicuri atau rosak. Daripada semua spesies mamalia sederhana dan besar yang direkodkan, 28 spesies direkodkan di PL1 manakala 17 spesies direkodkan di PL6. Berdasarkan nilai PCRI pada jadual 4, spesies mamalia besar yang sering direkodkan oleh perangkap kamera di PL1 (PCRI > 10) ialah babi hutan (*S. scrofa*) (PCRI = 62.17), kijang (*M. muntjak*) (PCRI = 31.20), dan beruang matahari (*H. malayanus*) (PCRI = 15.14). Manakala bagi spesies mamalia sederhana yang sering direkodkan pula adalah pelanduk/napuh (*Tragulus* sp.) (PCRI = 20.88), beruk (*M. nemestrina*) (PCRI = 16.75) dan landak raya (*H. brachyura*) (PCRI = 14.68). Berbeza di PL6, hanya mamalia besar sahaja yang sering direkodkan dan mempunyai nilai PCRI > 10 iaitu kijang (*M. muntjak*) (PCRI = 47.70), tapir Malaya (*T. indicus*) (PCRI = 26.21), babi hutan (*S. scrofa*) (PCRI = 23.61), gajah Asia (*E. maximus*) (PCRI = 11.57) dan seladang (*B. gaurus*) (PCRI = 10.63).

Kebarangkalian untuk mengesan spesies mamalia bersaiz besar di PL1 semasa persampelan (P) adalah lebih tinggi ($P \geq 0.05$) bagi babi hutan ($P = 0.3719$), kijang ($P = 0.2219$), beruang matahari ($P = 0.1118$), gajah Asia ($P = 0.103$) dan tapir Malaya ($P = 0.083$). Manakala bagi mamalia bersaiz sederhana, kebarangkalian untuk dikesan adalah tinggi bagi pelanduk/napuh ($P = 0.2118$), beruk ($P = 0.2104$), landak raya ($P = 0.1564$) dan kucing tulap ($P = 0.089$). Berbeza pula di PL6, walaupun bilangan spesies yang dikesan kurang daripada PL1, namun, kebarangkalian untuk setiap spesies dikesan adalah tinggi berbanding PL1. Sebagai contoh bagi mamalia besar adalah kijang ($P = 0.7742$), tapir Malaya ($P = 0.4194$), babi hutan ($P = 0.2219$), gajah Asia ($P = 0.1269$), seladang ($P = 0.1083$) dan beruang matahari ($P = 0.083$). Bagi spesies mamalia sederhana pula, kebarangkalian untuk dikesan adalah tinggi untuk landak raya ($P = 0.156$), pelanduk/napuh ($P = 0.083$) dan beruk ($P = 0.053$) (Jadual 4). Berdasarkan analisis ini, dapat dilihat bahawa penggunaan kedua-dua lintasan koridor bagi mamalia besar adalah hampir sama di PL1 dan PL6.

Indeks Kelimpahan Relatif (RAI) bagi setiap stesen persampelan turut dihitung dan graf RAI berkolerasi dengan kekayaan spesies dibuat bagi mengukur keberkesanan kesemua tujuh stesen perangkap kamera sebagai lintasan hidupan liar secara berasingan (Rajah 2). Berdasarkan graf tersebut, perangkap kamera dengan kekayaan spesies yang tinggi dan nilai RAI yang tinggi (menunjukkan kekerapan mamalia terrestrial melintas

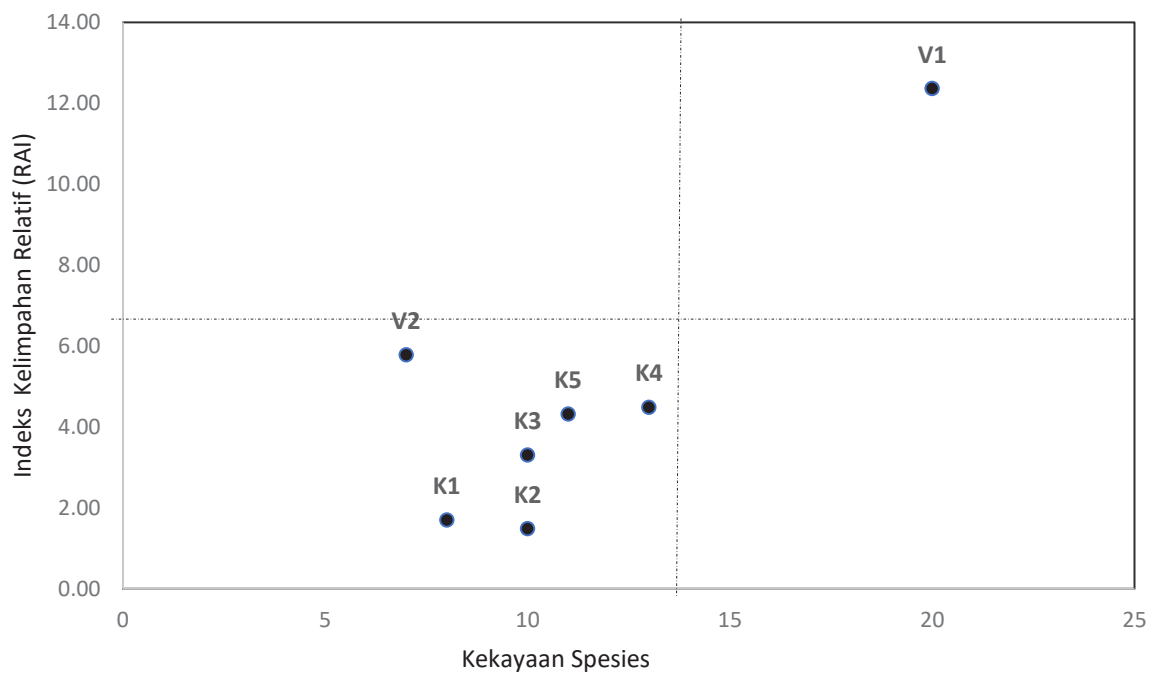
JADUAL 4. Bilangan imej bebas (N) setiap spesies mamalia yang direkodkan di kawasan kajian pada sela 60 minit. Indeks Kadar Tangkapan Imej (PCRI) digunakan untuk mengenal pasti spesies mamalia yang kerap menggunakan lintasan koridor dengan menggunakan persamaan: $N*1000/\Sigma$ perangkap malam (p/m). Anggaran penghunian (Ψ) dan kebarangkalian pengesanan (P) dihitung daripada data pengesanan (1) / bukan pengesanan (0) yang dikumpulkan dalam tempoh seminggu persampelan perangkap kamera

Kawasan Kajian		PL1				PL6			
Perangkap/malam (p/m)		4359				4235			
Spesies	Nama Tempatan	N	PCRI	Ψ	P	N	PCRI	Ψ	P
<i>Cuon alpinus</i>	Anjing hutan	5	1.15	1 ± 0	0.0156 ± 0.0069	0	-	-	-
<i>Catopuma temminckii</i>	Kucing tulap	12	2.75	0.316 ± 0.1537	0.089 ± 0.031	8	1.89	1 ± 0	0.026 ± 0.0307
<i>Neofelis nebulosa</i>	Harimau dahan	2	0.46	1 ± 0	0.0062 ± 0.0044	6	1.42	0.3333 ± 0.2722	0.0126 ± 0.084
<i>Panthera pardus</i>	Harimau kumbang	4	0.92	0.6435 ± 0.5405	0.0307 ± 0.0318	12	2.83	0.6721 ± 0.2745	0.0444 ± 0.0454
<i>Pardofelis marmorata</i>	Kucing dahan	3	0.69	1 ± 0	0.0323 ± 0.0183	7	1.65	1 ± 0	0.024 ± 0.0637
<i>Prionailurus bengalensis</i>	Kucing batu	3	0.69	1 ± 0	0.0323 ± 0.0183	4	0.94	0.6435 ± 0.5405	0.0194 ± 0.0184
<i>Panthera tigris</i>	Harimau Malaya	1	0.23	1 ± 0	0.0031 ± 0.0031	0	0.00	-	-
<i>Viverra zibetha</i>	Musang kasturi	2	0.46	1 ± 0	0.0062 ± 0.0044	10	2.36	0.6721 ± 0.2745	0.0304 ± 0.0454
<i>Hemigalus derbyanus</i>	Musang belang	3	0.69	1 ± 0	0.0323 ± 0.0183	0	-	-	-
<i>Arctictis binturong</i>	Binturong	1	0.23	1 ± 0	0.0108 ± 0.0107	0	-	-	-
<i>Arctogalidia trivirgata</i>	Musang akar	1	0.23	1 ± 0	0.0108 ± 0.0107	0	-	-	-
<i>Paguma larvata</i>	Musang lamri	1	0.23	1 ± 0	0.0108 ± 0.0107	0	-	-	-
<i>Helarctos malayanus</i>	Beruang matahari	66	15.14	1 ± 0	0.1118 ± 0.048	22	5.19	0.64 ± 0.1683	0.083 ± 0.0215
<i>Martes flavigula</i>	Mengkira	4	0.92	0.5467 ± 0.1679	0.0307 ± 0.0318	0	-	-	-
<i>Macaca fascicularis</i>	Kera	4	0.92	0.5467 ± 0.1679	0.0307 ± 0.0318	1	0.24	1 ± 0	0.014 ± 0.0104
<i>Macaca nemestrina</i>	Beruk	73	16.75	1 ± 0	0.2104 ± 0.0512	21	4.96	0.5159 ± 0.1638	0.053 ± 0.0252
<i>Trachypithecus obscurus</i>	Lotong cengkong	1	0.23	1 ± 0	0.0031 ± 0.0031	0	-	-	-
<i>Presbytis siamensis</i>	Lotong ceneka	0	-	1 ± 0	-	3	0.71	1 ± 0	0.0323 ± 0.0183
<i>Symphalangus syndactylus</i>	Siamang	1	0.23	1 ± 0	0.0031 ± 0.0031	0	-	-	-
<i>Bos gaurus</i>	Seladang	0	-	1 ± 0	-	45	10.63	0.64 ± 0.1683	0.1083 ± 0.0215
<i>Capricornis sumatraensis</i>	Kambing gurun	1	0.23	1 ± 0	0.0031 ± 0.0031	0	-	-	-
<i>Sus scrofa</i>	Babi hutan	271	62.17	1 ± 0	0.3719 ± 0.027	100	23.61	1 ± 0	0.2219 ± 0.0232
<i>Muntiacus muntjak</i>	Kijang	136	31.20	1 ± 0	0.2219 ± 0.0232	202	47.70	1 ± 0	0.7742 ± 0.0434
<i>Rusa unicolor</i>	Rusa sambar	1	0.23	1 ± 0	0.0031 ± 0.0031	0	-	-	-
<i>Tragulus sp.</i>	Pelanduk/napuh	91	20.88	1 ± 0	0.2118 ± 0.048	22	5.19	0.987 ± 0.1994	0.083 ± 0.0215
<i>Tapirus indicus</i>	Tapir Malaya	32	7.34	0.64 ± 0.1683	0.083 ± 0.0215	111	26.21	1 ± 0	0.4194 ± 0.0512
<i>Elephas maximus</i>	Gajah Asia	18	4.13	1 ± 0	0.103 ± 0.0252	49	11.57	1 ± 0	0.1269 ± 0.0118
<i>Hystrix brachyura</i>	Landak raya	64	14.68	0.5159 ± 0.1638	0.1564 ± 0.0799	25	5.90	1 ± 0	0.156 ± 0.0253

Catatan. Spesies* = Spesies mamalia yang direkodkan dengan PCRI > 10/ P ≥ 0.05; N = Bilangan imej bebas daripada kamera perangkap; PCRI = Indeks Kadar Tangkapan Imej; Ψ = Anggaran penghunian; P = Kebarangkalian pengesanan

yang tinggi) terletak di kuadran atas sebelah kanan dan sebaliknya. PL1 adalah kawasan koridor ekologi dengan viaduk Sg. Yu bertindak sebagai penghubung landskap Taman Negara dengan Kompleks Hutan Banjaran Utama. Terdapat dua kluster pemasangan perangkap kamera dijalankan di PL1 yang dinamakan sebagai V1 (di viaduk Sg. Yu) dan V2 (pada jarak 166.50 ± 3.0 km dari viaduk Sg. Yu). Manakala bagi PL6 pula, lima kluster stesen perangkap kamera dipasang secara rawak mengikut laluan hidupan liar yang terdiri daripada K1,

K2, K3, K4 dan K5. Data yang diperoleh mendapati V1 dikategorikan sebagai lintasan hidupan liar paling berkesan memandangkan stesen ini diplot di kuadran kanan sebelah atas graf. Sementara itu, semua stesen perangkap kamera yang lain (V2, K1, K2, K3, K4 dan K5) dikategorikan sebagai lintasan hidupan liar paling kurang berkesan kerana kesemuanya diplotkan di kuadran kiri bahagian bawah. Tuntasnya, V1 adalah lintasan hidupan liar paling berkesan yang menunjukkan kekerapan mamalia terestrial melintas paling tinggi berbanding lintasan-lintasan yang lain (Jadual S1).



RAJAH 2 Setiap stesen perangkap kamera telah diplot berdasarkan Indeks Kelimpahan Relatif (RAI) dan kekayaan spesies. RAI dihitung menggunakan persamaan: $100 * (N / \Sigma \text{perangkap malam (p/m)})$ dengan N ialah peristiwa bebas pada sela 60 minit. Setiap stesen perangkap kamera mewakili kawasan lintasan hidupan liar

PERBINCANGAN

Tindak balas haiwan terhadap perubahan habitat persekitaran atau penyerpihan adalah berbeza mengikut kumpulan atau spesies mamalia (berdasarkan jisim badan) itu sendiri (Rocha et al. 2018). Spesies mamalia yang mempunyai banjaran kediaman yang besar serta kitaran hidup yang lebih panjang biasanya lebih sensitif terhadap perubahan habitat berbanding mamalia kecil yang mempunyai kawasan keliaran yang kecil dan kitaran hidup yang lebih pendek (Morris et al. 2008).

Spesies mamalia yang bersaiz besar didapati antara spesies yang paling terkesan akan impak pembangunan fizikal dan pemburuan haram yang berlaku di negara ini (Davies, Roper & Shepherdso 1987). Ini kerana, mamalia bersaiz sederhana dan besar memerlukan lebih banyak sumber dan tenaga untuk kelangsungan hidup dalam habitat yang berkepadatan rendah yang dieksploitasi oleh manusia (Cardillo et al. 2005). Strategi pemuliharaan terhadap mamalia dengan jisim badan yang lebih besar sebagai spesies payung adalah penting kerana melindungi

spesies ini memberikan pemuliharaan secara tidak langsung spesies lain di kawasan tersebut. Penemuan kajian ini menunjukkan bahawa PL1 dan PL6 memainkan peranan penting dalam menyokong majoriti komuniti mamalia terutamanya spesies yang diancam kepupusan seperti anjing hutan, harimau Malaya, tapir Malaya dan gajah Asia.

KOMPOSISI SPESIES MAMALIA

Tiada perbezaan yang signifikan antara komuniti mamalia di kawasan koridor ekologi PL1 dan PL6. Walau bagaimanapun, terdapat empat spesies penting yang mempunyai nilai konservasi yang tinggi seperti anjing hutan, harimau Malaya, lotong cengkong dan siamang berjaya direkodkan kewujudannya di PL1 namun tidak di PL6. Kehadiran kebanyakan mamalia besar direkodkan di PL1 salah satunya disebabkan oleh usaha persampelan yang tinggi dan kawasan yang dipilih adalah yang terbesar untuk memaksimumkan kadar tangkapan (Tobler et al. 2008). Sebaliknya yang berlaku di kawasan PL6 dengan majoriti kawasan koridor ekologi ini mengalami kadar gangguan yang tinggi dengan aktiviti pembalakan yang sedang giat dijalankan sepanjang tempoh persampelan. Hal ini bukan sahaja mengganggu kawasan liputan untuk pemasangan perangkap kamera, malah faktor ini juga menyebabkan haiwan untuk mengelak daripada melalui kawasan yang mudah diakses oleh manusia (Little 2003). Selain itu, kualiti habitat juga merupakan salah satu faktor lain yang mempengaruhi kecenderungan haiwan untuk mendiami sesuatu habitat. Teori pemilihan habitat menyatakan bahawa hidupan liar sangat peka dengan perubahan yang berlaku kepada kualiti habitat dan cenderung untuk memilih kawasan yang terbaik (Watson & Watson 2015).

Jadual 1 menunjukkan kehadiran seladang di PL6, namun, ia tidak hadir di PL1. Habitat yang digunakan oleh sekumpulan seladang yang direkodkan di PL6 adalah mozek hutan sekunder dengan dirian kayu balak yang timbul dan kadar bukaan vegetasi di sekeliling yang tinggi. Dianggarkan kawasan hutan ini telah dibalok dan dalam peringkat penjanaan semula. Menurut Conry (1989), seladang lebih tertarik untuk meragut di kawasan yang majoritinya tumbuhan renek atau rumput yang mula tumbuh. Walaupun habitat terganggu, pasca operasi pembalakan telah mewujudkan kawasan padang ragut baharu yang menarik minat haiwan ungulata (herbivor) terutamanya untuk terus hidup. Buluh dan rumput (terutamanya *Puspallum conjugatum*) banyak terdapat di kawasan ini, di samping tumbuh-tumbuhan sekunder seperti *Trema* spp., *Sapium baccatum* dan

Macaranga spp. juga tersedia sebagai diet kegemaran untuk seladang.

Walaupun koridor ekologi PL6 (HS Ulu Jelai) terletak hanya di sebelah Barat koridor ekologi PL1 (HS Sungai Yu), namun, kehadiran pemangsa utama di hutan Semenanjung Malaysia iaitu harimau Malaya berjaya direkodkan di PL1. Sebaliknya, kehadiran meso-pemangsa seperti harimau kumbang (*P. pardus*) jauh lebih tinggi di PL6 berbanding PL1. Walau bagaimanapun, bilangan imej bebas yang direkodkan bagi spesies mangsa seperti kijang (338) dan babi hutan (371) adalah tinggi di kedua-dua koridor ekologi. Bilangan pengesanan yang lebih tinggi untuk spesies ini mungkin disebabkan oleh kekurangan pemangsa semula jadi di koridor (Nasron et al. 2019) dan keupayaan spesies ini untuk menyesuaikan diri dengan toleransi yang tinggi terhadap gangguan (Gibson et al. 2011).

KEPELBAGAIAN SPESIES MAMALIA

Hasil kajian menunjukkan kekayaan spesies mamalia adalah tertinggi di koridor ekologi PL1 berbanding di PL6. Walaupun kajian ini telah membuktikan bahawa PL6 masih menjadi habitat yang sesuai dan menyokong pelbagai spesies mamalia, namun, gangguan antropologi akibat daripada aktiviti pembalakan yang berterusan di kawasan sekitar boleh menjadi penyumbang utama kepada penurunan kepelbagaian spesies mamalia di PL6. Walaupun sebahagian daripada hutan simpan di PL6 telah diganggu oleh aktiviti pembalakan, penjanaan semula hutan pasca operasi pembalakan dapat membantu dalam menyediakan habitat yang sesuai bagi spesies hidupan liar yang terjejas terutamanya bagi haiwan kategori herbivor (Granados et al. 2016). Sungguhpun begitu, antara semua koridor ekologi di kawasan CFS1 dan di bawah projek IC-CFS, koridor ekologi PL1 merekodkan bilangan spesies mamalia tertinggi (28 spesies), diikuti dengan koridor ekologi PL2 (27 spesies) dan PL7 (20 spesies) (Zainol et al. 2021). Kepelbagaian spesies terendah direkodkan di koridor ekologi PL6 (17 spesies) mungkin disebabkan oleh PL6 mengalami kadar gangguan yang lebih tinggi dan tiada jejambat ekologi dibina berbanding tiga koridor kajian lain yang mempunyai jejambat ekologi/viadak. Hasil kajian ini telah berjaya membuktikan akan kepentingan jejambat ekologi seperti yang terdapat di PL1, PL2 dan PL7 dalam membantu mengurangkan penurunan kepelbagaian spesies hidupan liar.

Rajah 2 menunjukkan kekayaan spesies dan nilai RAI yang tinggi di stesen perangkap kamera V1 yang merupakan jejambat ekologi di lintasan koridor PL1.

Keputusan ini memberi justifikasi bahawa pembinaan jejambat ekologi di situ adalah wajar kerana ia adalah kawasan lintasan hidupan liar yang sesuai (Clements 2011). Selain itu, nilai PCRI dan P bagi *S. scrofa*, *M. muntjak* dan *Tragulus* sp. di jejambat koridor ekologi PL1 adalah lebih tinggi berbanding spesies lain dan ini mencadangkan bahawa kejayaan jejambat dalam menarik frekuensi spesies herbivor yang sangat tinggi. Stesen perangkap kamera V1 adalah antara stesen yang merekodkan jumlah spesies mamalia tertinggi di PL1 dan berjaya merakam beberapa spesies nadir seperti harimau Malaya, gajah Asia, kucing dahan, rusa sambar dan anjing hutan. Beberapa aktiviti pengayaan habitat seperti penempatan jenuk tiruan (Atwood & Weeks 2003) penubuhan padang rumput atau ragut (Chew et al. 2014; DWNP 2013) dan penanaman pokok buah-buahan tempatan (Shu-Aswad Shuaib 2017) yang dijalankan berhampiran jejambat adalah antara faktor yang meningkatkan penggunaan jejambat dan memudahkan pergerakan mamalia besar melintasi jalan raya berdekatan. Selain aktiviti pengayaan habitat yang dijalankan di situ, kedudukan jejambat yang strategik dalam menghubungkan dua blok hutan utama (HS Tanum-HS Sg. Yu dan Taman Negara) turut menjadikan jejambat ekologi ini sebagai kawasan yang lebih sesuai untuk lintasan hidupan liar.

Walaupun banyak bilangan spesies yang direkodkan semasa kajian di PL1, namun terdapat juga beberapa stesen perangkap kamera yang mengesan kurang bilangan spesies hidupan liar seperti di V2. Ini mungkin disebabkan oleh kesan gangguan antropogen yang tinggi seperti pemburuan haram dan aktiviti bertani serta menangkap ikan oleh orang asli yang tinggal di kawasan berhampiran. Selain itu, terdapat juga tanda pembiakan yang dikesan melalui perangkap kamera bagi spesies seperti gajah Asia, beruang matahari, kijang dan babi hutan. Ini menunjukkan bahawa kawasan sekitar jejambat menyediakan sumber yang mencukupi untuk haiwan membiak dan bermandiri. Penemuan ini secara tidak langsung telah memberi penekanan akan kepentingan melindungi dan meminimumkan pembangunan di sekitar koridor ekologi hidupan liar.

PENCEROBOHAN DAN PEMBURUAN HARAM

Salah satu penemuan penting selain spesies mamalia adalah pencerobohan di kawasan kajian. Kajian ini telah merekodkan 18,750 imej (42.81%) kehadiran manusia termasuk Orang Asli, penduduk kampung dan pemburu haram. Kehadiran penceroboh menunjukkan tahap gangguan manusia yang tinggi di kawasan kajian

dan potensi ancaman terhadap spesies hidupan liar. Kehadiran aktiviti manusia boleh mengubah parameter ekologi tempatan dan harus dianggap sebagai ancaman serius kepada kemandirian populasi hidupan liar (Jambari et al. 2015) di Rangkaian Utama PL1 dan PL6. Hasil kajian ini turut menyokong penyelidikan terdahulu yang menghubungkan penurunan kekayaan spesies hidupan liar dengan kewujudan aktiviti pemburuan haram (Magintan et al. 2017). Kajian ini telah merekodkan sejumlah 43 unit perangkap kamera operasi yang dicuri semasa kajian dijalankan di Rangkaian Utama PL1 (13 unit) dan PL6 (30 unit) dan ini menggambarkan intensiti gangguan manusia dan pemburuan haram di kawasan kajian agak membimbangkan. Maklumat ini telah dilaporkan kepada Bahagian Undang-undang dan Penguatkuasaan, Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara (PERHILITAN) agar pemantauan yang lebih intensif dapat dijalankan di kawasan kajian.

KESIMPULAN

Kajian ini telah membuktikan bahawa CFS1:PL1 dan CFS1:PL6 masih mampu menampung hidupan liar dan menyediakan tempat perlindungan yang selamat untuk spesies mamalia terestrial bersaiz sederhana hingga besar. Selain itu, hasil kajian ini turut membantu dalam menyediakan data asas yang mendokumentasikan spesies penting konservasi di kedua-dua koridor ekologi. Inisiatif koridor ekologi dalam mendukung usaha konservasi seperti program pengayaan koridor (seperti di *Eco-viaduct* Sungai Yu) harus diteruskan agar serpihan hutan yang terpisah dapat dihubungkan semula sekali gus menggalak hidupan liar untuk bergerak (atau migrasi) daripada satu blok hutan ke blok hutan yang lain. Oleh yang demikian, tinggi harapan sekiranya Hutan Simpan Hulu Lemoi (CFS1:PL1) dan Hutan Simpan Ulu Jelai (CFS1:PL6) disyorkan untuk dibuat penilaian sebagai Kawasan Nilai Konservasi Tinggi (NKT) dan mematuhi garis panduan Pembalakan Kurang Impak (RIL) bagi menjamin kelestarian hutan. Selain itu, aktiviti penguatkuasaan dan rondaan di kawasan koridor dan sempadan Taman Negara juga harus dilakukan secara berkala bagi memastikan kemandirian spesies yang dilindungi. Aktiviti manusia di kawasan sekitar koridor ekologi juga perlu dikurangkan agar konflik hidupan liar dan manusia dapat diatasi.

PENGHARGAAN

Kami ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Unit Alam Sekitar daripada Tenaga Nasional Berhad Research (TNBR) Sdn. Bhd. yang membiayai kajian

ini serta Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara (PERHILITAN), khususnya pasukan Unit Tangkapan Seladang (UTS) atas bantuan logistik dan lapangan. Penyelidikan ini dibiayai sepenuhnya melalui Geran Penyelidikan ST-2017-007.

RUJUKAN

- Ahmad, M.K. 2007. *Taman Negara Pahang: Warisan Khazanah Alam*. SZ Print Enterprise, Kuala Lumpur: Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara.
- Atwood, T.C. & Weeks, H.P. 2003. Sex-specific patterns of mineral lick preference in white-tailed deer. *Northeastern Naturalist* 10(4): 409-414.
- Barber, C.P., Cochran, M.A., Souza Jr., C.M. & Laurance, W.F. 2014. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biological Conservation* 177: 203-209.
- Bartholomew, C.V. 2017. *Hunting of Threatened Wildlife Species by Indigenous People in Kenyir, Terengganu, Peninsular Malaysia: Prevalence, Predictors, Perceptions and Practices*. https://www.researchgate.net/publication/321314625_HUNTING_OF_THREATENEDWILDLIFE_SPECIES_BY_INDIGENOUS_PEOPLE_IN_KENYIR_TERENGGANU_PENINSULAR_MALAYSIA_PREVALENCE_PREDICTORS_PERCEPTIONS_AND_PRACTICES. Diakses pada 12 Mac 2021. Cardillo et al. 2005
- Cardillo, M., Mace, G.M., Jones, K.E., Bielby, J., Bininda-emonds, O.R.P. & Sechrest, W. 2005. Multiple causes of high extinction risk in large mammal species. *Science* 309: 1239-1241.
- Caro, T., Jones, T. & Davenport, T.R.B. 2009. Realities of documenting wildlife corridors in tropical countries. *Biological Conservation* 142(11): 2807-2811.
- Chew, M.Y., Hymeir, K., Nosrat, R. & Shahfiz, M.A. 2014. Relation between grasses and large herbivores at the Ulu Muda salt licks, Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science* 26(4): 554-559.
- Clements, G.R. 2011. *Final Report: Mitigating The Impacts of Roads on Tigers and Their Prey in Malaysia*. https://www.rufford.org/rsg/projects/reuben_clements. Diakses pada 14 November 2021.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18(1): 117-143.
- Conry, P.J. 1989. Gaur *Bos gaurus* and development in Malaysia. *Biological Conservation* 49(1): 47-65.
- Davies, J.M., Roper, T.J. & Shepherdso, D.J. 1987. Seasonal distribution of road kills in the European badger. *Journal of Zoology* 211: 525-529.
- Francis, C.M. & Barrett, P. 2008. *A Field Guide to the Mammals of South-East Asia*. United Kingdom: New Holland Publisher.
- Gibson, L., Lee, T.M., Koh, L.P., Brook, B.W., Gardner, T.A., Barlow, J., Peres, C.A., Bradshaw, C.J.A., Laurance, W.F., Lovejoy, T.E. & Sodhi, N.S. 2011. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature* 478(7369): 378-381.
- Gonthier, D.J. & Castañeda, F.E. 2013. Large- and medium-sized mammal survey using camera traps in the sikre river in the Río Plátano biosphere reserve, Honduras. *Tropical Conservation Science* 6(4): 584-591.
- Granados, A., Crowther, K., Brodie, J.F. & Bernard, H. 2016. Persistence of mammals in a selectively logged forest in Malaysian Borneo. *Mammalian Biology* 81(3): 268-273.
- Hines, J.E. 2006. *Presence 4.3 – Software to Estimate Patch Occupancy and Related Parameters: USGS- PWRRC*. <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/presence.html>. Diakses pada 20 April 2012.
- Hezri, A.A. 2014. *Mainstreaming Environment and Sustainable Development Policies*. Routledge Handbook of Contemporary Malaysia. hlm. 226.
- IUCN. 2019. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://www.iucnredlist.org>. Diakses pada 2 Januari 2022.
- Jambari, A., Elagupillay, S.T., Rafhan Abdul Halim, H., Hakim Saharudin, M., Amirin Mohamed, K., Mohd, A., Fauzi Seman, M., Samsuddin, S. & Syahid Mohd Azmi, I. 2015. A camera trap assessment of terrestrial vertebrates in Taman Negara Kelantan and Terengganu, Malaysia. *Journal of Wildlife and Parks* 30: 45-57.
- Little, S.J. 2003. The influence of predator-prey relationships on wildlife passage evaluation. *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*. hlm. 277-292.
- 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(October): 113-119.
- Meek, P.D., Ballard, G., Claridge, A., Kays, R., Moseby, K., O'Brien, T., O'Connell, A., Sanderson, J., Swann, D.E., Tobler, M. & Townsend, S. 2014. Recommended guiding principles for reporting on camera trapping research. *Biodiversity and Conservation* 23: 2321-2343.
- Morris, W.F., Pfister, C.A., Tuljapurkar, S., Haridas, C.V., Boggs, C.L., Boyce, M.S., Bruna, E.M., Church, D.R., Coulson, T., Doak, D.F., Forsyth, S., Gaillard, J-M., Horvitz, C.C., Kalisz, S., Kendall, B.E., Knight, T.M., Lee, C.T. & Menges, E.S. 2008. Longevity can buffer plant and animal populations against changing climatic variability. *Ecology* 89(1): 19-25
- Mugerwa, B., Sheil, D., Ssekiranda, P., van Heist, M. & Ezuma, P. 2013. A camera trap assessment of terrestrial vertebrates in Bwindi Impenetrable National Park, Uganda. *African Journal of Ecology* 51(1): 21-31.
- Myers, N., Mittermeyer, R.A., Mittermeyer, C.G., Da Fonseca, G.A.B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(6772): 853-858.

- Nasron, A.G., Abd Hakim Amir, A.M., Adam, L., Hasnan, M.H.S., Yazid, M.F., Abdul Patah, P., Mohamad Rozi, M.S.F., Abdul Rasid, A.F., Tan, C.C. 2019. Wildlife monitoring at Labis Timur Ecological Corridor (CFS2:PL1) in Johor, Malaysia. *Journal of Wildlife and Parks* 34: 9-22.
- Niedballa, J., Sollmann, R., Courtiol, A. & Wilting, A. 2016. camtrapR: an R package for efficient camera trap data management. *Methods in Ecology and Evolution* 7(12): 1457-1462.
- Rocha, E.C., Brito, D., e Silva, P.M., Silva, J., dos Santos Bernardo, P.V. & Juen, L. 2018. Effects of habitat fragmentation on the persistence of medium and large mammal species in the Brazilian Savanna of Goiás State. *Biota Neotropica* 18(3): 1-9.
- Shu-Aswad Shuaib, I. 2017. Curious over games saplings. *The Star*. 26 Februari: hlm. 8.
- Suksuwan, S. 2008. A master list of protected areas workshop. *Malays. Parks Newsl.* 2: 1
- Tee, S.L., Samantha, L.D., Kamarudin, N., Akbar, Z., Lechner, A.M., Ashton-Butt, A. & Azhar, B. 2018. Urban forest fragmentation impoverishes native mammalian biodiversity in the tropics. *Ecology and Evolution* 8(24): 12506-12521.
- Thomas, C.D. & Gillingham, P.K. 2015. The performance of protected areas for biodiversity under climate change. *Biological Journal of the Linnean Society* 115(3): 718-730.
- Tobler, M.W., Carrillo-Percastegui, S.E., Leite Pitman, R., Mares, R. & Powell, G. 2008. An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation* 11(3): 169-178.
- Trolliet, F., Huynen, M., Vermeulen, C. & Hambuckers, A. 2014. Use of camera traps for wildlife studies. A review. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment* 18(3): 446-454.
- UNESCO. 2019. *National Park (Taman Negara) of Peninsular Malaysia*. <https://whc.unesco.org/en/tentativelists/5927/> . Diakses pada 15 Mac 2022.
- Watson, D.M. & Watson, M.J. 2015. Wildlife restoration: Mainstreaming translocations to keep common species common. *Biological Conservation* 191: 830-838.
- Zainol, N., Taher, T.M., Razak, S.N.A., Noh, N.A.I., Nazir, N.A.M., Shukor, A.M., Ibrahim, A. & Nor, S.M. 2021. Wildlife crossings at felda aring-Tasik Kenyir Road, Malaysia. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* 44(2): 401-427.

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: p90573@siswa.ukm.edu.my

JADUAL S1. Bilangan spesies dan jumlah imej bebas (N) bagi setiap spesies di setiap tapak kajian. Indeks Kelimpahan Relatif (RAI) dihitung untuk menyeragamkan usaha pensampelan setiap stesen pensampelan kepada 100 hari menggunakan persamaan: $100 * (N / \sum \text{perangkap malam})$; N = imej bebas yang ditangkap pada sela 60 minit persampelan

Lokasi persampelan	Bilangan spesies	N	RAI
V1	20	539	12.37
V2	7	252	5.78
K1	8	72	1.70
K2	10	63	1.49
K3	10	140	3.31
K4	13	190	4.49
K5	11	183	4.32