
PUBLIC HEALTH RESEARCH

Cabaran Dalam Pencegahan dan Kawalan Plasmodium Knowlesi Malaria Di Rantau Asia Tenggara - Ulasan Naratif

Shahrul Azhar Md Hanif,¹ Nazarudin Safian,¹ Ahmad Farid Nazmi Abdul Halim,¹ Muhammad Ridzwan Rafi'I,¹ Qistina Mohd Ghazali,¹ Nurul Athirah Naserrudin,² Mohd Rohaizat Hassan^{1}*

¹Jabatan Perubatan Kesihatan Awam, Fakulti Perubatan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Jalan Yaacob Latif, Cheras, Kuala Lumpur, Malaysia.

²Pusat Penyelidikan Perkhidmatan Kesihatan, Institut Penyelidikan Sistem Kesihatan, Institut Kesihatan Negara, Kementerian Kesihatan Malaysia, Shah Alam, Selangor, Malaysia.

*Corresponding: rohaizat@hctm.ukm.edu.my

ABSTRAK

Pengenalan	Di sebalik kejayaan program penghapusan malaria manusia, terdapat peningkatan yang membimbangkan berkenaan jangkitan malaria Plasmodium knowlesi (P. knowlesi) di rantau Asia Tenggara. Pemahaman menyeluruh tentang cabaran dalam mencegah dan mengawal malaria zoonosis ini mesti diutarakan, terutamanya apabila menentukan strategi paling berkesan untuk menyekat penularan penyakit.
Metodologi	Di sebalik kejayaan program penghapusan malaria manusia, terdapat peningkatan yang membimbangkan berkenaan jangkitan malaria Plasmodium knowlesi (P. knowlesi) di rantau Asia Tenggara. Pemahaman menyeluruh tentang cabaran dalam mencegah dan mengawal malaria zoonosis ini mesti diutarakan, terutamanya apabila menentukan strategi paling berkesan untuk menyekat penularan penyakit.
Hasil Kajian	Kepelbagaian manusia, seperti sosioekonomi dan sosiobudaya tempatan yang majmuk, persepsi yang rendah dan pematuhan optimum terhadap langkah-langkah pencegahan dan kawalan perlu ditangani. Isu dana nasional, pelaksanaan program, dan birokrasi mesti diselesaikan dalam memastikan keberkesanan peranan kerajaan dan kerjasama pelbagai sektor apabila melibatkan pengurusan penyakit malaria. Kejayaan sesuatu program akan terhalang sekiranya tiada sokongan daripada pemimpin masyarakat dan bertentangan dengan dinamik sosial. Kebolehsuaian nyamuk Anopheles bertanggungjawab terutamanya terhadap cabaran yang dihadapi dalam kawalan vektor. Kesan anjakan ekologi dan perubahan iklim, ditambah dengan aktiviti antropogenik mewujudkan limpahan zoonosis dan variasi penyesuaian yang mengubah landskap transmisi sylvian dan manusia.
Kesimpulan	Cabaran daripada pelbagai faktor mengurangkan keberkesanan dalam mencegah penularan penyakit ini. Pendekatan baharu mesti dibangunkan untuk mencapai kawasan terjejas dengan intervensi jangka panjang, komprehensif dan berkesan.
Kata Kunci	Plasmodium knowlesi; Malaria; Cabaran; Halangan; Naratif

ABSTRACT

Introduction	Despite the success of the human malaria elimination campaign, there is an alarming rise in <i>Plasmodium knowlesi</i> (<i>P. knowlesi</i>) malaria infections among humans in the Southeast Asian region. A thorough grasp of the challenges in preventing and controlling this zoonotic malaria must be addressed, particularly when determining the most effective strategy to halt the disease's transmission.
Methods	A comprehensive literature review was conducted using specific keywords in PubMed, Google Scholar, and Scopus databases. Relevant articles were assessed for thematic trends. Overall, 32 articles were selected for this narrative.
Results	Human heterogeneity, such as local socioeconomic and sociocultural variability, low perception and optimal adherence to prevention and control measures, must be tackled with. Issues of national funding, program implementation, and bureaucratic red tape must be overcome to effectively manage the role that the government and multisectoral collaboration play in managing malaria. Successfulness of a program will be hampered if there is no support from community leaders and interplay with social dynamics. The <i>Anopheles</i> mosquito's adaptability is primarily responsible for the challenges encountered in vector control. The effects of ecological shifts and climate change, coupled with anthropogenic activities, create zoonotic spillovers and adaptive variation that alter the landscape of sylvian and human transmission.
Conclusions	Challenges from various factors reduce the effectiveness in preventing and controlling transmission of this disease. New approaches must be developed to reach affected areas with long-term, comprehensive and effective interventions.
Keywords	<i>Plasmodium knowlesi</i> ; Malaria; Challenges; Obstacles; Review

Article history:

Received: 18 September 2024

Accepted: 28 February 2025

Published: 4 March 2025

PENGENALAN

Malaria adalah salah satu penyakit bawaan vektor berbahaya di dunia. Disebabkan oleh kadar kematian dan morbiditi yang tinggi secara meluas, malaria terus menjadi beban penjagaan kesihatan dan ekonomi yang ketara kepada banyak negara membangun. Pada tahun 2021, Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) menganggarkan sebanyak 247 juta kes malaria di 84 negara endemik dengan kematian lebih daripada 600,000 kes.¹ Walaupun majoriti kes ini disebabkan oleh *Plasmodium falciparum* (*P. falciparum*) dan *Plasmodium vivax* (*P. vivax*), kemunculan malaria *Plasmodium knowlesi* (*P. knowlesi*), sebuah malaria zoonotik, di rantau Asia Tenggara dan Pasifik Barat telah menimbulkan kebimbangan global.² Peningkatan kes malaria *P. knowlesi* pada manusia telah menimbulkan kebimbangan dalam kalangan penyelidik di seluruh dunia. Spesies parasit malaria ini, sebagai tambahan kepada *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium ovale*, *Plasmodium malariae*, dan *Plasmodium vivax*, pada mulanya hanya ditakrifkan eksklusif untuk kera.³ Titik perubahan untuk jangkitan ini berlaku apabila sebahagian besar parasit ini dikesan di Malaysia pada tahun 2004, seterusnya di hampir semua negara di Asia Tenggara.¹ Walaupun kes malaria *P. falciparum* dan *P. vivax* masih berleluasa di Afrika, Asia Tenggara, Timur Mediterranean, dan wilayah Pasifik Barat di dunia, jangkitan malaria *P. knowlesi* pada manusia dilihat semakin meningkat dan dianggap sebagai ancaman kepada kesihatan awam. Rantau Asia Tenggara telah menjadi pusat pengeksporan malaria *knowlesi* ke beberapa bahagian dunia. Contohnya di Malaysia, kes meningkat sebanyak 14.9%, daripada 2505 kes pada tahun 2022 kepada 2879 kes pada tahun 2023, dengan hampir semua (99.4%) diklasifikasikan sebagai jangkitan tempatan (*indigenous*).⁴ Begitu juga Indonesia, Thailand dan Kemboja menyaksikan peningkatan ketara dalam kes *P. knowlesi* antara 2021 dan 2023. Indonesia melaporkan peningkatan daripada lima kes pada 2021 kepada 170 kes pada 2023, Thailand menyaksikan peningkatan daripada 71 kes pada 2021 kepada 258 kes pada 2023, dan Kemboja, dengan kes pertama dilaporkan pada 2022, mencatatkan 11 kes pada 2023.⁴ Malah, satu-satunya negara yang melaporkan kematian *P. knowlesi* pada tahun 2023 ialah Malaysia, dengan kesemua 14 kematiannya dikaitkan kepada parasit ini.⁴

Konsep penyebab penyakit yang lebih luas adalah berhubung kait antara perumah, agen, persekitaran dan kehadiran vektor. Dalam malaria *P. knowlesi*, penularan penyakit boleh dijelaskan oleh empat parameter: interaksi antara perumah manusia dan parasit (virulensi parasit, kebolehan parasit mengikat pada sel darah merah manusia), interaksi antara perumah manusia dan vektor (kadar dan keutamaan gigitan nyamuk), interaksi antara vektor

dan parasit (jangka hayat nyamuk, keupayaan parasit untuk membiak dalam nyamuk) dan ekologi perumah vektor dan hidupan liar.⁵ Parameter ini akan mempengaruhi nombor pembiakan asas (*basic reproduction number, R0*) dan/atau potensi zoonosis jangkitan *P. knowlesi* kepada manusia. Hanya dalam sesebuah nidus, di mana patogen, perumah, dan vektor terdapat dalam bilangan yang mencukupi, zoonosis bawaan vektor ini boleh merebak secara berterusan. Mekanisme penularan penyakit ini sangat bergantung kepada persekitaran dan pengedaran jangkitan manusia, perumah simian dan vektor nyamuk. Banyak faktor risiko telah dilaporkan mempengaruhi peluang untuk memperoleh jangkitan *P. knowlesi* kepada manusia; di mana kajian kawalan kes dan seroprevalensi telah menunjukkan korelasi antara tingkahlaku manusia dan persekitaran.⁶⁻⁹ Keberadaan perumah semula jadi bagi parasit ini iaitu monyet daun berjalur (*Presbytis melalophos*), kera ekor panjang (*Macaca fascicularis*), dan kera ekor babi (*Macaca nemestrina*) kadangkala dipengaruhi oleh aktiviti antropogenik manusia.⁷ *Anopheles hackeri*, *Anopheles latens*, *Anopheles cracens*, *Anopheles balabacensis*, *Anopheles dirus*, *Anopheles itrolatus* dan *Anopheles donaldi* adalah antara beberapa spesies nyamuk yang tergolong dalam genus *Leucosphyrus* yang kini dikaitkan dengan penyebaran malaria *P. knowlesi*.⁸

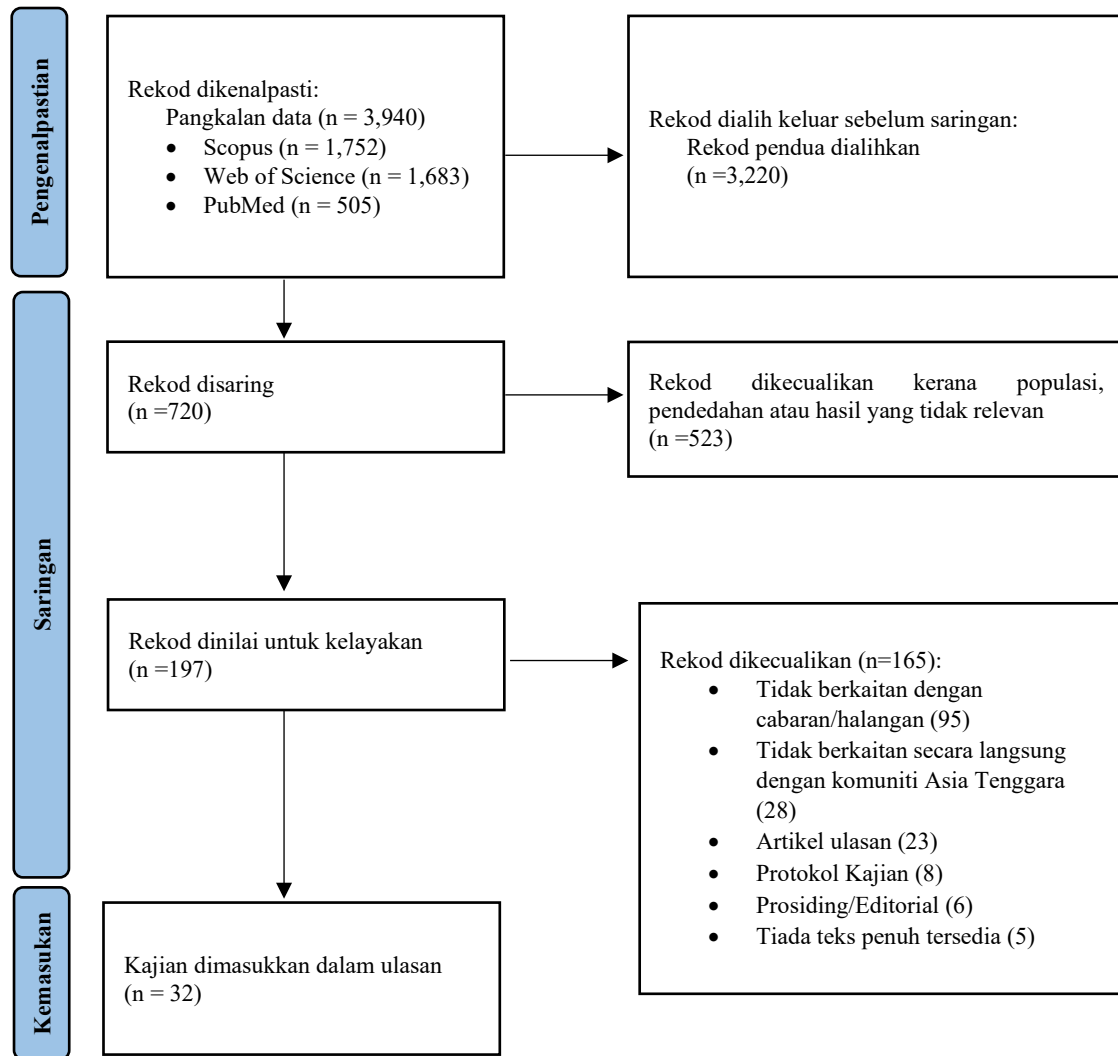
Di kawasan di mana malaria telah dikurangkan dengan jayanya, keberkesanan langkah kawalan semasa telah menimbulkan cabaran baru dan lebih radikal. Malaria zoonotik ini mempunyai epidemiologi yang dinamik, yang menambah kerumitan penyakit dan menjadikannya lebih sukar untuk dikawal dengan berkesan. Tindakan dan alat pencegahan telah pun disediakan untuk menutup jurang dan mengekang penularan penyakit ini namun gagal untuk mengurangkan insiden di kawasan endemik *P. knowlesi*.¹⁰ Penghapusan malaria dihalang oleh penularan malaria yang berterusan (*ongoing malaria transmission*), yang ditakrifkan sebagai penularan malaria yang berterusan walaupun selepas liputan sejagat bagi bentuk kawalan vektor telah dicapai. Tambahan pula, memandangkan usaha kawalan kebanyakannya mengikut garis panduan untuk kawalan malaria manusia, tiada satu garis panduan khusus untuk mengawal malaria zoonotik ini. Pemahaman menyeluruh berkenaan permasalahan kawalan penyakit malaria perlu diutarakan terutamanya dalam mencegah penyakit ini daripada dijangkiti oleh golongan yang terdedah. Mendalami permasalahan dan cabaran yang dihadapi adalah penting dalam merangka jalan terbaik membendung penularan penyakit, seterusnya mengurangkan jurang morbiditi dan mortaliti penyakit ini. Justeru, objektif utama ulasan naratif ini adalah untuk menilai cabaran yang sedang dihadapi oleh negara Asia Tenggara dalam mencegah dan mengawal

malaria, dengan penekanan khusus diberikan terhadap malaria *P. knowlesi*.

METODOLOGI

Soalan panduan ulasan naratif ini ialah: Apakah cabaran-cabaran utama dalam pencegahan dan kawalan *P. knowlesi* di Asia Tenggara? Rangka kerja populasi, pendedahan dan hasil (*Population, Exposure, Outcome*; PEO) adalah seperti berikut:

- Populasi: Rantau Asia Tenggara, terutamanya di kawasan endemik malaria.
- Pendedahan: Cabaran atau halangan, yang merangkumi komponen faktor sosial, persekitaran dan biologi.
- Hasil: Pencegahan dan kawalan penyakit malaria yang disebabkan oleh *P. knowlesi*



Rajah 1 Strategi carian untuk ulasan naratif

Menggunakan pangkalan data PubMed, Google Scholar dan Scopus, kajian literatur komprehensif telah dijalankan untuk menyiasat cabaran yang terlibat dalam pencegahan dan kawalan malaria knowlesi. Istilah "*Plasmodium knowlesi*," "malaria zoonotik," "cabaran" dan "halangan" adalah antara kata kunci yang digunakan dalam pencarian artikel. Kata kunci/frasa ini digunakan dalam pelbagai kombinasi, dan termasuk sinonim, istilah alternatif, ejaan alternatif, istilah berkaitan dan variasi dalam pengakhiran perkataan. Pengendali Boolean menggabungkan dan mengecualikan istilah daripada strategi carian. Contoh topik yang diterokai termasuk: keluarga, pengurusan rumah, mencari rawatan, tingkah laku, pengetahuan, amalan, persepsi, penggunaan, persepsi, patologi, gigitan nyamuk, adaptasi nyamuk, sifat nyamuk, antimalaria, semburan sisa dalam rumah, kelambu, dasar, sistem kesihatan, pekerja kesihatan, kawalan vektor, pengurusan kes, beban, alam sekitar, geografi dan lain-lain. Artikel tambahan diperoleh melalui penilaian artikel yang dipetik oleh pengkaji dari carian awal. Carian telah dijalankan dalam tempoh lima belas tahun dalam mendapatkan skop yang lebih meluas, dan termasuk rujukan yang diterbitkan sehingga hari terakhir carian pada 30 Ogos 2024. Semua penerbitan yang terhasil daripada carian ini telah disaring dan rekod berkaitan dikumpulkan menggunakan Endnote®. Semua dokumen yang memenuhi kriteria kemasukan kertas semakan telah diambil dan dinilai oleh tiga daripada pengarang. Walaupun pengarang berusaha untuk mengenal pasti semua dokumen yang berkaitan, mungkin terdapat beberapa kesusasteraan yang ditinggalkan secara tidak sengaja, seperti semakan yang tidak diterbitkan dan kesusasteraan kelabu (*grey literature*). Kriteria pemilihan untuk ulasan naratif ini termasuk: 1) penerbitan berbahasa Inggeris dan Melayu, 2) pelaporan dan penyelidikan asli merangkumi kajian kualitatif dan kuantitatif, dan 3) kajian meliputi rantau Asia Tenggara. Editorial, surat-menyurat dan artikel ulasan tidak diterima. Artikel yang berkaitan telah dinilai untuk aliran tematik, manakala pendapat dan pengalaman penulis dan pakar membimbing struktur semakan dan mengenal pasti jurang dalam pengetahuan dan penyelidikan semasa.

Rajah 1 menggambarkan strategi carian untuk semakan ini. Daripada 3,940 carian, sejumlah 720 literatur diterbitkan yang berkaitan telah dikumpulkan. Beberapa proses saringan termasuk pengecualian literatur yang tidak relevan dengan objektif ulasan naratif dan kriteria pemilihan telah dilakukan. Secara keseluruhannya, 32 kajian telah dimasukkan dalam ulasan ini, merangkumi kajian daripada empat belas kajian dari Malaysia; lima dari Myanmar; tiga dari Kemboja; masing-masing dua dari Indonesia, Thailand dan Laos; dan satu dari Vietnam. Terdapat tiga kajian melibatkan kajian dari sempadan negara dan kajian antarabangsa.

HASIL

Bahagian ini membentangkan gambaran keseluruhan mengenai cabaran dalam pencegahan dan kawalan malaria ini melalui empat bidang topik: 1) sosioekonomi, sosiobudaya dan tingkahlaku manusia, 2) peranan pihak berkuasa dan berkepentingan, 3) sifat dan adaptasi vektor malaria dan 4) pengaruh ekologi dan kesan antropogenik alam sekitar.

Sosioekonomi, Sosiobudaya dan Tingkahlaku Manusia

Cabaran terhadap malaria dalam konteks sosioekonomi dan sosiobudaya adalah luas dan perlu difahami untuk disesuaikan dengan langkah pencegahan dan kawalan semasa. Hidup dalam komposisi perumahan yang rapat dan padat telah dikaitkan dengan penularan malaria, yang dilihat mempunyai pertalian dengan isu kemiskinan. Risiko gigitan nyamuk malaria di rumah pinggiran dan luar bandar berkait dengan konsep rumah berasaskan dinding kayu, cucur atap terbuka, tingkap terbuka, dan reka bentuk rumah yang berasaskan hasil hutan.¹¹⁻¹³ Perihal keadaan rumah sekeliling yang dikelilingi oleh semak belukar dan banyak bekas takungan meningkatkan lagi risiko jangkitan.¹¹ Dalam rumah pula, adalah mencabar untuk menggunakan kelambu oleh sebab beberapa faktor yang kompleks dan perlu dikaji. Liputan kelambu yang tinggi tidak selalu diterjemahkan kepada penggunaan yang berkesan; laporan penggunaan kelambu yang kurang ideal dalam pelbagai konteks, terutamanya dalam kalangan populasi etnik minoriti, telah dilaporkan. Menurut kajian, punca utama ketidakpatuhan kaedah ini ialah reka bentuknya, isu budaya, dan kelemahan ergonomic.¹⁴⁻¹⁶ Ramai orang lebih suka kelambu biasa berbanding kelambu berubat seperti *long lasting insecticide net* (LLIN) dan *insecticide treated net* (ITN). Hal ini kerana LLIN dan ITN dikatakan terdiri daripada fabrik yang kasar, terlalu kecil untuk menampung keluarga yang besar, mudah patah, rasa panas dan mempunyai saiz jaringan yang membolehkan serangga seperti nyamuk menembusi walaupun dengan racun serangga.^{12,15,16} Tambahan pula, dikatakan racun serangga akan berhenti berfungsi selepas beberapa minggu hingga setahun.¹² Selain itu, salah satu perkara utama yang diberi penekanan ialah kekurangan amalan dan pemahaman mengenai kepentingan ITN dan LLIN. Persepsi berpuas hati kerana ketumpatan nyamuk yang rendah dan kesulitan memasang kelambu dilaporkan sebagai halangan untuk menggunakan kelambu dalam isi rumah.¹⁵ Selain itu, beberapa kajian juga menunjukkan bahawa persepsi keadaan kesihatan diri yang tinggi dan rasa bebas daripada gigitan nyamuk membawa kepada kadar penggunaan kelambu yang rendah.^{17,18} Dalam konteks pencegahan malaria zoonosis, penggunaan ITN dan LLIN mungkin tidak dapat melindungi

manusia secara total memandangkan ciri vektor yang dapat menyesuaikan diri dengan keadaan sekeliling seperti tabiat pemakanan di luar rumah.¹⁹ Pola dan tabiat tidur luar dalam kalangan masyarakat juga mempengaruhi kepada halangan jangkitan malaria *P. knowlesi*. Kajian di Surat Thani, Thailand, mendapati keberadaan di luar rumah pada waktu malam telah dikenal pasti sebagai faktor risiko utama malaria *P. knowlesi* dimana nyamuk *Anopheles sp.* aktif pada masa tersebut.²⁰

Beban malaria meningkat dalam kalangan masyarakat pinggiran dan luar bandar kerana kebanyakan mereka bergantung kepada aktiviti hutan dan bercucuk tanam untuk menyara hidup. Lebih banyak penularan berlaku di ladang hutan berbanding di kampung dalam kebanyakan konteks kajian di Asia Tenggara, di mana kebergantungan manusia kepada hasil hutan dan pertanian menjadi aspek penting dalam malaria.^{12,14,21} Keadaan geografi perumahan yang lazimnya berada berdekatan atau di dalam kawasan hutan menyebabkan pendedahan kepada *P. knowlesi* malaria adalah tinggi dan signifikan.^{12,13} Kadang kala, adalah sukar untuk membezakan antara ruang dalaman dan luaran di sesebuah rumah dalam hutan kerana di sini lazimnya ruang rumah adalah terbuka separa atau sepenuhnya, tidak seperti kediaman kampung yang biasa.¹² Oleh itu, pemahaman semasa tentang penularan luar tercabar kerana vektor malaria—yang dalam kes ini lebih suka menggigit di luar rumah—tidak dapat dihalang sepenuhnya daripada menggigit manusia di ruang terbuka ini. Tambahan pula, aktiviti manusia berulang-alik antara rumah dan hutan/ladang membawa kepada tahap pendedahan yang berbeza dan mengubah aras kerentanan kepada malaria. Kajian menunjukkan bahawa manusia terdedah kepada gigitan nyamuk apabila mereka melakukan aktiviti di dalam hutan atau pulang dari ladang di mana tiada langkah pencegahan diambil dalam situasi ini.^{19,22}

Tingkahtindakan masyarakat setempat, ditambah dengan pengaruh budaya dan adat membawa kepada beberapa halangan dalam pencegahan malaria. Di Asia Tenggara, beberapa kajian mendapati terdapat masalah dengan kesedaran dan persepsi yang rendah terhadap ancaman yang dibangkitkan oleh *P. knowlesi* malaria.^{12,20,23,24} Isu akses terhad kepada maklumat terkini yang boleh dipercayai berkenaan malaria mengakibatkan beberapa isu salah tanggapan tentang penyakit ini.²³ Persepsi terhadap malaria juga mungkin dipengaruhi oleh norma dan kepercayaan budaya, yang boleh menghalang pelaksanaan langkah-langkah pencegahan. Sesetengah golongan masyarakat mengambil pendekatan positif di mana penyakit malaria boleh mengganggu gugat pendapatan dan kehidupan harian mereka. Maka, mengelakkan malaria—atau sebarang penyakit, dalam hal ini—adalah jalan menuju kepuasan, kesihatan yang lebih baik dan

kehidupan yang lebih baik.¹¹ Ada tanggapan bahawa malaria adalah penyakit yang hanya berlaku kepada jenis orang tertentu dan merasakan diri mereka kebal terhadap penyakit ini.^{11,23} Oleh sebab mereka berfikir mereka tidak berisiko, masyarakat tidak mengambil kira tindakan pencegahan terhadap malaria akibat daripada salah faham ini. Perihal ini wujud dalam kalangan masyarakat dan pekerja yang sering berada di dalam hutan. Dalam kajian lain melibatkan pekerja hutan di Indonesia, tingkah laku dan ketidakpatuhan terhadap langkah pencegahan malaria dipengaruhi oleh kepercayaan setempat. Terdapat fahaman di mana malaria boleh dielakkan dengan memakai batu bertuah, makan makanan tertentu, atau menggunakan herba tradisional seperti jamu.²⁴ Tingkah laku mencari rawatan dikalangan pekerja juga dipengaruhi oleh kepercayaan ghaib di mana *P. knowlesi* disebabkan oleh mantra jahat yang dilemparkan di dalam hutan, menyebabkan mereka mencari pakar perubatan tradisional dan bukannya profesional perubatan.²⁴ Mitos tambahan termasuk kemungkinan bahawa bahan kimia dalam kelambu boleh memudaratkan badan.¹²

Peranan Pihak Berkuasa dan Pihak Berkepentingan Peranan kerajaan dan kolaborasi pelbagai sektor menjadi aspek penting dalam mengharungi cabaran menghapuskan malaria, terutamanya di negara-negara yang berisiko. Fungsi dan peranan yang dimainkan berkisar kepada pelaksanaan program, sumbangan dana, pembekalan tenaga kerja tambahan dan hal-hal berkaitan pencegahan dan penghapusan wabak dan penyakit. Kejayaan pelaksanaan pencegahan sebahagian besarnya disebabkan oleh penglibatan pihak berkepentingan yang berkaitan dan ahli pasukan pelaksana yang berada di dalam komuniti.^{25,26} Menyasarkan golongan yang berisiko, pihak-pihak berkepentingan ini membantu dalam menjayakan program malaria di kebanyakan negara berpendapatan rendah dan sederhana. Tanpa program malaria nasional yang kukuh, geran atau dana yang disalurkan mungkin kurang berkesan dalam mencapai sasaran serantau. Bagi kebanyakan negara di Asia Tenggara contohnya, pembiayaan *Global Fund to Fight AIDS, Tuberculosis, and Malaria* (GFATM) telah terbukti penting dalam mempercepat usaha memerangi malaria. Apabila GFATM mengutamakan negara yang mempunyai beban yang lebih besar dan pendapatan yang lebih kecil, risiko pengurangan aliran dana kepada negara-negara yang sedang memerangi penyakit malaria telah terjejas.²⁷ Walaupun geran serantau meningkatkan pembiayaan untuk menghapuskan negara, mereka mungkin tidak dapat mengisi jurang pembiayaan peringkat negara untuk komoditi dan pelaksanaan tempatan, lantas membantutkan dan usaha pelaburan terhadap pencegahan malaria akan hilang.²⁷ Perihal percaturan program malaria yang berkesan juga menjadi cabaran untuk sesetengah

lokaliti yang mempunyai golongan sasaran yang kompleks. Kajian daripada Linn et al mendapati kekurangan pemetaan migran yang teliti akibat daripada lokasi terpencil, isu masa, perbelanjaan pengangkutan dan kependudukan migran yang sentiasa berubah membawa kepada kerencatan pemberian kelambu berubut.¹⁶ Selain itu, isu birokrasi seperti autoriti kawasan menjadi cabaran terutamanya dalam melaksanakan langkah kawalan.²⁸

Pencegahan dan perlindungan malaria dalam masyarakat didapati berhubung kait dengan dinamik sosial dan saling bergantung dalam komuniti. Beberapa kajian menyatakan bahawa penglibatan wakil pemimpin masyarakat secara aktif dan bertindak sebagai pemudah cara dalam promosi menghasilkan kadar liputan pencegahan yang lebih tinggi di sesebuah lokaliti.^{29,30} Mereka dianggap sebagai pengaruh utama dalam sesuatu pelan dalam komuniti. Malah, rancangan atau agenda yang dibawa mungkin akan gagal sekiranya kepimpinan tempatan tidak menyokong matlamat program.³¹ Komuniti juga sering memilih untuk mengambil bahagian dalam program pencegahan malaria secara berkumpulan atau mengikut ahli komuniti yang boleh dipercayai seperti pekerja kesihatan komuniti dan dengan ketua isi rumah mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap penglibatan ahli isi rumah yang lain.^{31,32} Tahap keakraban sosial dan tahap kesepaduan komuniti juga mempunyai kesan ke atas penyertaan dan penolakan sesebuah langkah pencegahan.^{29,32} Hal ini dilihat sebagai satu cabaran dalam memastikan kelangsungan kejayaan sesebuah program pencegahan terutamanya dalam kalangan komuniti terpinggir.³² Perihal politik dan kuasa juga dianggap sebagai satu cabaran dalam memberi langkah pencegahan yang terbaik dalam lokaliti.^{33,34} Perbalahan atau perbezaan pendapat politik didapati menyebabkan penyertaan yang lemah dalam komuniti.³³ Oleh itu, tahap penyesuaian, motivasi dan fleksibiliti yang tinggi diperlukan untuk mencapai penglibatan komuniti yang berjaya.

Sifat dan Adaptasi Vektor Malaria

Nyamuk *Anopheles* menyebarkan parasit malaria daripada perumah primat bukan manusia kepada perumah manusia. Terdapat kira-kira 70 spesies *Anopheles* di alam liar yang boleh menyebarkan parasit malaria; 41 daripada ini dianggap sebagai spesies vektor dominan, dengan 19 daripadanya berlaku di Asia.³⁵ Walaupun terdapat kaedah kawalan malaria kontemporari, hubungan antara manusia-vektor malaria *P. knowlesi* masih rumit disebabkan oleh pelbagai faktor yang mempengaruhi pendedahan manusia, seperti ciri-ciri berbeza vektornya, yang termasuk menggigit pada waktu malam, *exophagic* (lebih suka untuk memberi makan di luar), *simio-anthropophilic* (keutamaan yang kuat untuk memberi makan kepada manusia dan simian), dan *exophilic* (lebih suka berehat di luar

rumah).⁷ Kebolehsuaian nyamuk *Anopheles* memainkan peranan penting terutamanya terhadap cabaran yang dihadapi dalam kawalan vektor. Selaras dengan hasil daripada kajian yang menerangkan masa puncak menggigit awal *A. balabacensis* pada awal petang dari 1800H hingga 2000H³⁶, penggunaan kelambu nyamuk tidak dapat melindungi manusia sepenuhnya daripada mendapat jangkitan ini. Vektor kumpulan Umbrosus pula didapati menggigit manusia lebih awal iaitu sekitar 0700H hingga 1100H di Sarawak, Malaysia.³⁷ Selain itu, *Anopheles balabacensis* telah diperhatikan untuk memaparkan "kesetiaan habitat", kembali ke tapak pemakanan sebelumnya, serta "tingkah laku pembelajaran" berkenaan dengan keutamaan hos.³⁶ Gigitan berlaku terutamanya di luar rumah kerana nyamuk menyesuaikan diri dengan penggunaan kelambu manusia pada waktu malam. Hal ini menyukarkan manusia sekeliling untuk menyesuaikan diri dalam memilih kaedah yang terbaik untuk mencegah gigitan nyamuk. Kebergantungan terhadap langkah pencegahan seperti kelambu dan semburan tidak dapat diamalkan sepenuhnya terutamanya ketika melakukan aktiviti atau pekerjaan di luar rumah. Walaupun ciri-ciri unik peranan vektor dalam penularan parasit, perbandingan molekul *P. knowlesi* antara manusia dan perumah kera di bahagian lain di Malaysia tidak mendedahkan bukti penularan manusia ke manusia yang adaptif, kemungkinan ini tidak boleh diketepikan.³⁸ Oleh itu, buat masa ini, mengguna dan mengamalkan langkah pencegahan tradisional masih penting, terutamanya bagi sebilangan besar individu yang tidak menggunakan kelambu semasa mengembara.

Pengaruh Ekologi dan Kesan Antropogenik Alam Sekitar

Kesan anjakan ekologi dan perubahan iklim, ditambah dengan aktiviti antropogenik mewujudkan limpahan zoonosis dan variasi kebolehsuaian yang mungkin mengubah landskap transmisi sylvian dan manusia. Oleh itu, adalah sukar untuk membendung atau menangani kawalan vektor terutamanya di kawasan luar bandar. Kajian telah menunjukkan bahawa wujud hubungankait diantara topologi, jarak dari pertanian ladang, pembiakan vektor *Anopheles*, dan fragmentasi hutan.³⁹⁻⁴¹ Menurut Brock et al., anjakan ekologi telah mempengaruhi tingkah laku vektor dan takungan perumah (kera), yang telah menyebabkan penyakit merebak kepada manusia. Penyebaran zoonosis jangkitan ini kepada manusia dibantu oleh aktiviti manusia dan perubahan persekitaran di Malaysia, termasuk penebangan hutan yang cepat dan pengembangan sektor pertanian.⁴¹ Walaupun perubahan dalam tahap liputan hutan mempengaruhi kepadatan vektor nyamuk dan penempatan yang baru muncul boleh menyebabkan lebih ramai orang berisiko, faktor kedekatan dan status jangkitan populasi kera kepada

orang yang terdedah merupakan faktor utama dalam menentukan risiko. Orang yang melaporkan pernah hampir dengan kera dalam tempoh sebulan lalu mempunyai risiko untuk dijangkiti jangkitan *P. knowlesi* yang lebih daripada tiga kali ganda lebih tinggi, menurut kajian kawalan kes di Sabah.¹⁹ Penyelidikan oleh Bryne et al. pula mendapati, perubahan dalam penggunaan kawasan di hutan terutamanya telah memudahkan larva vektor *Anopheles* untuk berkembang pesat, yang mungkin menjadi faktor peningkatan kekerapan kes *P. knowlesi* di Sabah.³⁹ Kesan gangguan hutan terhadap limpahan nyamuk, kekayaan spesies, dan kadar pendaratan terhadap manusia juga telah ditunjukkan dalam kajian lain.⁴² Berbanding dengan hutan primer asal, terdapat kelimpahan vektor yang lebih tinggi dalam hutan yang berubah daripada aktiviti pembalakan dan hutan simpan dara yang diubah suai. Menariknya, trek roda yang ditinggalkan oleh operasi pembalakan dan perhutanan boleh berfungsi sebagai tempat pembiakan nyamuk. Dalam kajian Fornace pula, peningkatan pendedahan *P. knowlesi* dikaitkan dengan pemecahan ladang kelapa sawit yang lebih tinggi, menunjukkan bahawa fragmentasi landskap dan pengubahan habitat juga mungkin menjadikannya lebih sukar untuk membendung jangkitan malaria.⁴⁰

LIMITASI

Kajian ini memberikan gambaran keseluruhan perkembangan yang diterbitkan berkenaan cabaran dalam pencegahan dan kawalan malaria, dengan tujuan untuk membincangkan konteks semasa di Asia Tenggara. Oleh itu, ulasan ini tidak membentangkan tinjauan sistematik dan tidak juga membentangkan meta-analisis seperti Cochrane. Penulis cuba meminimumkan bias pemilihan dengan mengikut kriteria kemasukan dan pengecualian yang telah ditetapkan dalam metodologi. Walau bagaimanapun, penulis mungkin secara tidak sengaja memasukkan hanya kajian yang sejajar dengan perspektif mereka, yang membawa kepada bias pengesanan dan mengehadkan objektiviti semakan. Satu lagi batasan ulasan naratif ini ialah isu subjektiviti, kerana ia sangat bergantung pada tafsiran penulis, yang boleh membawa kepada kekurangan konsistensi dalam cara kajian dinilai dan dibentangkan. Ulasan naratif selalunya kekurangan kriteria penilaian kualiti yang jelas, bermakna kajian berkualiti rendah atau berat sebelah mungkin disertakan tanpa penilaian kritikal terhadap kebolehppercayaan penulis-penulis. Ulasan naratif ini juga menggabungkan kajian kualitatif dan kuantitatif dalam bidang kajian *P. knowlesi*, maka tiada kesimpulan yang signifikan secara statistik dapat dilakukan dalam naratif ini. Walaupun ulasan naratif tidak semestinya menilai kualiti kajian, ia masih memberikan gambaran keseluruhan yang lebih berstruktur tentang literatur sedia ada,

memastikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang landskap penyelidikan *P. knowlesi* malaria di rantau ini.

KESIMPULAN

Kadar insidens malaria *knowlesi* yang tinggi dijangka akan terus menimbulkan tentangan besar kepada proses kemajuan penghapusan malaria, terutamanya di Asia Tenggara. Pencegahan dan kawalan malaria *P. knowlesi* di Asia Tenggara kekal sebagai cabaran yang kompleks disebabkan oleh interaksi antara vektor, manusia, ekologi dan juga keadaan sosial. Walaupun strategi pencegahan dan kawalan konvensional telah menunjukkan darjah perlindungan dikalangan golongan terdedah, halangan daripada pelbagai faktor mengurangkan keberkesanan dalam mengekang penularan dan jangkitan penyakit ini. Menangani pelbagai cabaran ini memerlukan pendekatan bersepadu yang menggabungkan penyelidikan saintifik, inisiatif kesihatan awam, dasar kerajaan dan kerjasama masyarakat setempat. Masih terdapat keperluan untuk menyelami heterogeniti manusia dan dinamik penularan *P. knowlesi* supaya segala langkah pencegahan dapat diamalkan dengan betul dan efektif. Memperkasa individu dan komuniti untuk menyumbang kepada usaha pencegahan dan kawalan adalah antara langkah paling rasional dalam era ini. Intervensi yang mampan, seperti alat diagnostik yang dipertingkatkan, kawalan vektor yang didasarkan dan kerjasama rentas sempadan, adalah penting dalam mengurangkan penghantaran dan mencegah wabak masa depan. Memperkukuh sistem kesihatan, memupuk komitmen politik, dan menggabungkan perspektif sosioekologi ke dalam strategi kawalan malaria adalah penting untuk mencapai kejayaan jangka panjang. Akhirnya, menghapuskan malaria *P. knowlesi* di Asia Tenggara memerlukan rangka kerja holistik, adaptif dan antara disiplin yang bukan sahaja menyasarkan parasit dan vektornya tetapi juga mempertimbangkan penentu penularan sosiopersekitaran yang lebih luas.

RUJUKAN

1. World Health Organization. WHO Malaria Report 2022. Malaria Report. 2022.
2. World Health Organization, editor WHO Malaria Policy Advisory Group Meeting Report 2023.
3. Singh B, Daneshvar C. Human infections and detection of *Plasmodium knowlesi*. Clin Microbiol Rev. 2013;26(2):165-84.
4. World Health O. World Malaria Report 2024. Who.int. 2024.
5. Ruiz Cuenca P, Key S, Lindblade KA, Vythilingam I, Drakeley C, Fornace K. Is there evidence of sustained human-mosquito-human transmission of the zoonotic malaria *Plasmodium knowlesi*? A

- systematic literature review. *Malaria Journal*. 2022;21(1):89.
6. Fornace KM, Herman LS, Abidin TR, Chua TH, Daim S, Lorenzo PJ, et al. Exposure and infection to *Plasmodium knowlesi* in case study communities in Northern Sabah, Malaysia and Palawan, The Philippines. *PLOS Neglected Tropical Diseases*. 2018;12(6):e0006432.
7. Amir A, Cheong FW, de Silva JR, Liew JWK, Lau YL. *Plasmodium knowlesi* malaria: current research perspectives. *Infect Drug Resist*. 2018;11:1145-55.
8. Scott J. Proposed Integrated Control of Zoonotic *Plasmodium knowlesi* in Southeast Asia Using Themes of One Health. *Tropical Medicine and Infectious Disease*. 2020;5:175.
9. Naserrudin NA, Hod R, Jeffree MS, Ahmed K, Culleton R, Hassan MR. The Role of Human Behavior in *Plasmodium knowlesi* Malaria Infection: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(6).
10. Naserrudin NA, Hod R, Jeffree MS, Ahmed K, Hassan MR. The Emerging Threat of *Plasmodium knowlesi* Malaria Infection: A Concept Paper on the Vulnerable Factors in Human. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(7).
11. Naserrudin NA, Lin PYP, Monroe A, Culleton R, Baumann SE, Sato S, et al. Exploring barriers to and facilitators of malaria prevention practices: a photovoice study with rural communities at risk to *Plasmodium knowlesi* malaria in Sabah, Malaysia. *BMC Public Health*. 2023;23(1):1316.
12. Gryseels C, Durnez L, Gerrets R, Uk S, Suon S, Set S, et al. Re-imagining malaria: heterogeneity of human and mosquito behaviour in relation to residual malaria transmission in Cambodia. *Malaria Journal*. 2015;14(1):165.
13. Rejeki DSS, Solikhah S, Wijayanti SPM. Risk Factors Analysis of Malaria Transmission at Cross-Boundaries Area in Menoreh Hills, Java, Indonesia. *Iran J Public Health*. 2021;50(9):1816-24.
14. Nguyen TT, Nguyen XX, Wilson-Barthes M, Sawada I, Muela J, Hausmann-Muela S, et al. Why using bed nets is a challenge among minority populations in Central Vietnam. *Malaria Journal*. 2022;21(1):87.
15. Poosesod K, Parker DM, Meemon N, Lawpoolsri S, Singhasivanon P, Sattabongkot J, et al. Ownership and utilization of bed nets and reasons for use or non-use of bed nets among community members at risk of malaria along the Thai-Myanmar border. *Malaria Journal*. 2021;20(1):305.
16. Linn SY, Maung TM, Tripathy JP, Shewade HD, Oo SM, Linn Z, et al. Barriers in distribution, ownership and utilization of insecticide-treated mosquito nets among migrant population in Myanmar, 2016: a mixed methods study. *Malar J*. 2019;18(1):172.
17. Win KM, Show KL, Sattabongkot J, Aung PL. Ownership and use of insecticide-treated nets in Myanmar: insights from a nationally representative demographic and health survey. *Malaria Journal*. 2024;23(1):167.
18. Min KT, Maung TM, Oo MM, Oo T, Lin Z, Thi A, et al. Utilization of insecticide-treated bed nets and care-seeking for fever and its associated socio-demographic and geographical factors among under-five children in different regions: evidence from the Myanmar Demographic and Health Survey, 2015–2016. *Malaria Journal*. 2020;19(1):7.
19. Grigg MJ, Cox J, William T, Jelip J, Fornace KM, Brock PM, et al. Individual-level factors associated with the risk of acquiring human *Plasmodium knowlesi* malaria in Malaysia: a case-control study. *Lancet Planet Health*. 2017;1(3):e97-e104.
20. Shimizu S, Chotirat S, Dokkulab N, Hongchad I, Khowsroy K, Kiattibutr K, et al. Malaria cross-sectional surveys identified asymptomatic infections of *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax* and *Plasmodium knowlesi* in Surat Thani, a southern province of Thailand. *Int J Infect Dis*. 2020;96:445-51.
21. Edwards HM, Sriwichai P, Kirabittir K, Prachumsri J, Chavez IF, Hii J. Transmission risk beyond the village: entomological and human factors contributing to residual malaria transmission in an area approaching malaria elimination on the Thailand–Myanmar border. *Malaria Journal*. 2019;18(1):221.
22. Manin BO, Ferguson HM, Vythilingam I, Fornace K, William T, Torr SJ, et al. Investigating the Contribution of Peri-domestic Transmission to Risk of Zoonotic Malaria Infection in Humans. *PLoS Negl Trop Dis*. 2016;10(10):e0005064.
23. Samsudin L, Mohd Jaafar MF, Kamarulzaman MKA, Mohd Nor NN, Ahmad Shafei S, Mohamad Shukor NA, et al. Knowledge, attitude and practice levels regarding malaria among the Semai sub-ethnic indigenous Orang Asli communities in Pahang, Peninsular Malaysia: a stepping

- stone towards the prevention of human malaria re-establishment. *Malaria Journal*. 2024;23(1):269.
24. Ekawati LL, Johnson KC, Jacobson JO, Cueto CA, Zarlinda I, Elyazar IRF, et al. Defining malaria risks among forest workers in Aceh, Indonesia: a formative assessment. *Malar J*. 2020;19(1):441.
25. Lim S, Yasuoka J, Poudel KC, Ly P, Nguon C, Jimba M. Promoting community knowledge and action for malaria control in rural Cambodia: potential contributions of Village Malaria Workers. *BMC Res Notes*. 2012;5:405.
26. Oo MC, Phongluxa K, Oo WH, Kounnavong S, Xayyavong S, Louangphaxay C, et al. Perspectives of health and community stakeholders on community-delivered models of malaria elimination in Lao People's Democratic Republic: A qualitative study. *PLOS ONE*. 2022;17(3):e0264399.
27. Zelman B, Melgar M, Larson E, Phillips A, Shretta R. Global fund financing to the 34 malaria-eliminating countries under the new funding model 2014-2017: an analysis of national allocations and regional grants. *Malar J*. 2016;15:118.
28. Mohamad E, Azlan A, Hamzah M, Damanhuri H, Pasi H, Sulong M, et al. District Health Office Efforts and Challenges In Combating P. Knowlesi Malaria: A Qualitative Study Of High Risk States In Peninsular Malaysia 2022.
29. Conradis-Jansen F, Tripura R, Peto TJ, Callery JJ, Adhikari B, Ean M, et al. Community engagement among forest goers in a malaria prophylaxis trial: implementation challenges and implications. *Malar J*. 2023;22(1):178.
30. Naserrudin NA, Culleton R, Pau Lin PY, Baumann SE, Hod R, Jeffree MS, et al. Generating Trust in Participatory Research on Plasmodium knowlesi Malaria: A Study with Rural Community Gatekeepers during the COVID-19 Pandemic. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(23).
31. Sahan K, Pell C, Smithuis F, Phyo AK, Maung SM, Indrasuta C, et al. Community engagement and the social context of targeted malaria treatment: a qualitative study in Kayin (Karen) State, Myanmar. *Malar J*. 2017;16(1):75.
32. Pell CL, Adhikari B, Myo Thwin M, Kajeewiwa L, Nosten S, Nosten FH, et al. Community engagement, social context and coverage of mass anti-malarial administration: Comparative findings from multi-site research in the Greater Mekong sub-Region. *PLoS One*. 2019;14(3):e0214280.
33. Adhikari B, Phommasone K, Kommarasy P, Soundala X, Souvanthong P, Pongvongsa T, et al. Why do people participate in mass anti-malarial administration? Findings from a qualitative study in Nong District, Savannakhet Province, Lao PDR (Laos). *Malar J*. 2018;17(1):15.
34. Kajeewiwa L, Thwin MM, Nosten S, Tun SW, Parker D, von Seidlein L, et al. Community engagement for the rapid elimination of malaria: the case of Kayin State, Myanmar. *Wellcome Open Res*. 2017;2:59.
35. Pramasivan S, Ngui R, Jeyaprakasam NK, Liew JWK, Low VL, Mohamed Hassan N, et al. Spatial distribution of Plasmodium knowlesi cases and their vectors in Johor, Malaysia: in light of human malaria elimination. *Malaria Journal*. 2021;20(1):426.
36. Chua TH, Manin BO, Vythilingam I, Fornace K, Drakeley CJ. Effect of different habitat types on abundance and biting times of Anopheles balabacensis Baisas (Diptera: Culicidae) in Kudat district of Sabah, Malaysia. *Parasites & Vectors*. 2019;12(1):364.
37. De Ang JX, Yaman K, Kadir KA, Matusop A, Singh B. New vectors that are early feeders for Plasmodium knowlesi and other simian malaria parasites in Sarawak, Malaysian Borneo. *Sci Rep*. 2021;11(1):7739.
38. Fornace KM, Topazian HM, Routledge I, Asyraf S, Jelip J, Lindblade KA, et al. No evidence of sustained nonzoonotic Plasmodium knowlesi transmission in Malaysia from modelling malaria case data. *Nat Commun*. 2023;14(1):2945.
39. Byrne I, Aure W, Manin BO, Vythilingam I, Ferguson HM, Drakeley CJ, et al. Environmental and spatial risk factors for the larval habitats of Plasmodium knowlesi vectors in Sabah, Malaysian Borneo. *Scientific Reports*. 2021;11(1):11810.
40. Fornace KM, Brock PM, Abidin TR, Grignard L, Herman LS, Chua TH, et al. Environmental risk factors and exposure to the zoonotic malaria parasite *Plasmodium knowlesi* across northern Sabah, Malaysia: a population-based cross-sectional survey. *The Lancet Planetary Health*. 2019;3(4):e179-e86.
41. Brock P, Fornace K, Grigg M, Anstey N, William T, Cox J, et al. Predictive analysis across spatial scales links zoonotic malaria

- to deforestation. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2019;286.
42. Brant HL, Ewers RM, Vythilingam I, Drakeley C, Benedick S, Mumford JD. Vertical stratification of adult mosquitoes (Diptera: Culicidae) within a tropical rainforest in Sabah, Malaysia. *Malaria Journal*. 2016;15(1):370.