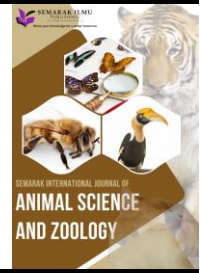




Semarak International Journal of Animal Science and Zoology

Journal homepage:
<https://semarakilmu.my/index.php/sijaszi/index>
ISSN: 3083-9254



Kelimpahan dan Kepelbagaian Parasit Zoonotik dalam Lipas *Periplaneta americana* dari Kawasan Kampus Universiti Kebangsaan Malaysia

Abundance and Diversity of Zoonotic Parasites in *Periplaneta americana* Cockroaches from the Universiti Kebangsaan Malaysia Campus Area

Hani Kartini Agustar^{1,*}, Amatul Hamizah Ali², Zafirah Najwa Zainal Abidin¹

¹ Department of Earth Sciences and Environment, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

² Department of Chemical Sciences, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 28 October 2024

Received in revised form 29 November 2024

Accepted 11 December 2024

Available online 20 December 2024

Kata Kunci:

Kelimpahan; kepelbagaian; parasit zoonotik; lipas; *Periplaneta americana*

ABSTRAK

Lipas ialah kumpulan serangga parafiletik tergolong dalam famili Blattodeae. Antara faktor kehadiran lipas di sesuatu kawasan adalah kurangnya kebersihan dan pembuangan sisa makanan yang tidak diselenggara dengan baik. *Periplaneta americana* (lipas Amerika) kebiasaannya bergerak di antara suatu tempat pembiakan ke tempat sisa makanan yang kotor dan mampu menjadi vektor penyebaran parasit zoonotik. Kajian kali ini bertujuan untuk mengkaji kelimpahan dan kepelbagaian parasit zoonotik dalam organ gastrousus lipas *P. americana*. Lipas ditangkap dari kawasan dalam dan luar terpilih di kampus Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor. Parasit dalam organ gastrousus lipas telah diasingkan dan dikenalpasti menggunakan analisis mikroskopik. Sebanyak 102 ekor lipas berjaya ditangkap yang dikenalpasti sebagai satu spesies iaitu *Periplaneta americana*. Terdapat empat famili dan lima spesies parasit telah dikenalpasti dalam gastrousus *P. americana* iaitu Thelastomatidae (*Leidynema appendiculatum* dan *Hammerschmidtella diesingi*) yang mempunyai prevalen tertinggi dalam *P. Americana* (84 %), diikuti oleh Balantiidae (*Balantidium coli*: 12 %), Onchocercidae (*Wuchereria bancrofti*: 2 %), dan Sarcocystidae (*Toxoplasma gondii*: 2 %). Parasit seperti *Balantidium coli*, *W. bancrofti*, dan *T. gondii* dikenalpasti hidup dalam *P. americana* merupakan patogen zoonotik yang boleh berjangkit daripada haiwan kepada manusia. Indeks Shannon menunjukkan kawasan luar mempunyai kepelbagaian spesies parasit zoonotik daripada lipas lebih tinggi berbanding kawasan dalam kampus. Oleh itu, kajian ini adalah penting untuk memahami kepelbagaian parasit dalam lipas dan potensi risiko penularan penyakit zoonosis, serta untuk meningkatkan kesedaran tentang menjaga kebersihan persekitaran dengan baik di kalangan masyarakat.

Cockroaches are a paraphyletic group of insects belonging to the Blattodea family. A major factor contributing to the presence of cockroaches in an area is poor cleanliness and improper disposal of food waste. *Periplaneta americana* (the American cockroach)

* Corresponding author.

E-mail address: hani_ag@ukm.edu.my

<https://doi.org/10.37934/sijaszi.1.1.2739> b

typically moves between breeding sites and contaminated food waste, serving as a potential vector for zoonotic parasites. These parasites pose a significant danger to humans by transmitting diseases from animals to people. This study aims to examine the abundance and diversity of zoonotic parasites in the gastrointestinal organs of *P. americana* cockroaches. Cockroaches were caught from selected indoor and outdoor areas at the Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi campus, Selangor. Parasites in the gastrointestinal organs of cockroaches were isolated and identified using microscopic analysis. A total of 102 cockroaches were caught which were identified as one species, *Periplaneta americana*. There are four families and five parasite species have been identified in the gastrointestinal tract of *P. americana*, namely Thelastomatidae (*Leidyneria appendiculatum* and *Hammerschmidtella diesingi*) which have the highest prevalence in *P. americana* (84 %), followed by Balantiididae (*Balantidium coli*: 12 %), Onchocercidae (*Wuchereria bancrofti*: 2 %), and Sarcocystidae (*Toxoplasma gondii*: 2 %). Parasites such as *Balantidium coli*, *W. bancrofti*, and *T. gondii* identified in *P. americana* are zoonotic pathogens that can be transmitted from animals to humans. The Shannon index showed that outdoor areas had a higher diversity of zoonotic parasite species than cockroaches compared to indoor areas. Therefore, this study is important to understand the diversity of parasites in cockroaches and the potential risk of zoonotic disease transmission, as well as to raise awareness about keeping the environment clean among the communities.

Keywords:

Abundance; diversity; zoonotic parasites; cockroach; *Periplaneta americana*

1. Pengenalan

Lipas (Dictyoptera: Blattodea) adalah serangga yang membiak di kawasan yang panas dan lembap terutamanya di kawasan Tropika [1]. Terdapat 4000 spesies lipas yang diketahui wujud, iaitu sebanyak 30 spesies lipas tinggal di kawasan kediaman manusia dan anggaran 16 spesies lipas dikaitkan dengan masalah kesihatan manusia [2]. Spesies lipas yang berkait rapat dengan jenis persekitaran, seperti di kediaman manusia, kawasan industri pemprosesan makanan dan kawasan persekitaran pekerjaan contohnya lipas *Periplaneta americana*, *Blatta orientalis*, *Blattella germanica*, *Periplaneta australasiae* dan *Supella supellectilium* [3,4]. Lipas dilaporkan telah menyebabkan pelbagai masalah kesihatan yang dikaitkan dengan jenis patogen yang menyebabkan penyakit pada manusia [5]. Cirit-birit, disentri, taun, kusta, wabak, demam kepialu dan penyakit virus seperti poliomyelitis boleh disebarkan oleh lipas yang bertindak sebagai vektor pembawa dan penyebar penyakit ke alam sekitar [6]. Lipas Amerika, *Periplaneta americana* (Jadual 1) dan lipas Jerman, *Blattella germanica* adalah dua spesies yang biasa ditemui di kawasan domestik. Lipas ini biasanya memakan hampir semua bahan organik dan najis yang akan terkumpul di dalam badannya dan dijangkitkan kepada manusia [7].

Lipas perosak domestik telah dilaporkan menjejaskan kesihatan manusia dengan beberapa cara sama ada, lipas menjadi perumah perantaraan bagi helminth [8] iaitu sebagai vektor pembawa pelbagai protozoa zoonosis kepada manusia [5,9,10]. Selain itu, lipas juga diketahui sebagai 'reservoir' pelbagai spesies patogen mikrob yang mana ia berpotensi menjadi perumah transit [11,12]. Selain berfungsi sebagai pengantara parasit atau patogen, populasi besar lipas berada di kawasan dalam (indoor) juga merupakan salah satu punca utama kepada alahan, asma dan gangguan bronkial peparu manusia [13,14]. Tabiat pembiakan yang kotor, mekanisme pemakanan dan pergerakan antara najis dan makanan menjadikan serangga sinantropik ini menjadi antara vektor utama perantara parasit protozoa enterik manusia [15].

Jadual 1

Pengkelasan saintifik lipas Amerika

Domain	Eukaryota
Kingdom	Animalia
Filum	Arthropoda
Kelas	Insecta
Order	Blattodea
Famili	Blattidae
Genus	<i>Periplaneta</i>
Spesies	<i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus, 1758)

Jangkitan zoonotik parasit ditakrifkan sebagai infeksi yang disebabkan oleh protozoa, helminth dan arthropod yang secara semula jadi dipindahkan daripada haiwan vertebrata kepada manusia. Penyakit daripada protozoa zoonotik, termasuk toksoplasmosis, penyakit Chagas, babesiosis, giardiasis dan leishmaniasis, boleh menyebabkan jangkitan berbahaya, dan mampu menyebabkan kematian. Protozoa, helminth dan kulat adalah jenis patogen yang muncul daripada penyakit berjangkit [16]. Protozoa telah banyak dipencilkan daripada bahagian luar dan organ dalaman lipas [17]. Kitaran hidup protozoa terdiri daripada trofozoit dan sista. Kehadiran protozoa dalam lipas adalah berbeza kerana rintangan dan keupayaan terhadap kawasan hidup perumah. Helminth adalah salah satu parasit yang boleh ditemui pada permukaan luar lipas kerana saiznya yang lebih besar.

Terdapat perkaitan yang kuat antara lipas dan parasit. Lipas berfungsi sebagai perumah dan vektor mekanikal bagi pelbagai patogen seperti parasit yang boleh mempengaruhi manusia dan haiwan. Lipas membawa parasit dalam bentuk telur, sista dan oosista yang boleh disebarkan melalui pergerakan dan tabiat pemakanan lipas, terutamanya di persekitaran yang tidak bersih. Kajian lepas telah mengenal pasti beberapa parasit yang hidup di dalam usus lipas, termasuk *Ascaris lumbricoides*, *Strongyloides stercoralis*, *Trichuris trichiura* dan *Enterobius vermicularis*, dengan kadar jangkitan yang signifikan. Sebagai contoh, lebih daripada 77 % lipas yang diperiksa didapati membawa pelbagai spesies parasit [17]. Kehadiran organisma parasit dalam gastrousus membawa kesan kepada lipas seperti pengurangan kesuburan dan memperlahankan pergerakan lipas. Haiwan vertebrata lain juga mempunyai kesan kerana kehadiran organisma parasit. Kelimpahan dan habitat parasit yang berbeza akan mempengaruhi jangkitan pada perumah. Taburan parasit yang tinggi dan mudah tersebar kerana kehadiran vektor yang mempunyai keupayaan untuk bergerak dan menjangkiti ke alam sekitar sama ada dalam atau luar bangunan [4]. Oleh itu, habitat lipas memainkan peranan penting dalam peningkatan kadar jangkitan parasit daripada lipas kepada manusia. Lipas yang dikumpulkan dari tandas menunjukkan kadar jangkitan yang lebih tinggi berbanding dari dapur atau ruang tamu [15]. Lipas menjadi vektor pengangkut parasit dan bakteria kerana terutamanya apabila terdapat pengurusan pelupusan sampah yang kurang baik dari restoran dan gerai [1].

Kawasan kampus Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), Bangi adalah kawasan yang mempunyai bangunan dan binaan seperti pejabat, dewan kuliah, makmal, asrama dan kawasan tapak pelupusan sampah. Kampus UKM terletak lebih kurang 30 km dari pusat bandar Kuala Lumpur. Oleh kerana populasi lipas dikatakan meningkat di sesetengah kawasan kampus UKM seperti asrama, stor, tapak pelupusan sampah dan beberapa tempat lain. Kajian saintifik lepas juga kurang mengkaji tentang perkaitan antara spesies lipas dan spesies parasit yang menghuni lipas. Oleh itu, kajian ini dijalankan untuk mengetahui kepelbagaian parasit enterik lipas daripada kawasan luar (outdoor) dan dalam (indoor) di UKM. Objektif kajian ini adalah untuk mengenal pasti spesies lipas yang ditemui di kampus UKM, mengkaji dan menentukan prevalen parasit yang diasingkan daripada bahagian gastrousus lipas serta membandingkan kepelbagaian spesies parasit terpencil dari kawasan pensampelan yang berbeza. Kajian ini dijalankan untuk memberikan maklumat kepada pengetahuan umum dan khusus kehadiran organisma berbahaya dalam gastrousus dalam lipas. Ini membantu untuk meningkatkan

terhadap kesedaran kebersihan dan kesihatan kepada masyarakat sekitar kerana kajian ini akan menyumbang kepada pengetahuan tentang penyakit perantaraan lipas. Ini meningkatkan kesedaran kepada pihak pengurusan dan pihak berkuasa untuk membantu kebersihan dan keselamatan bandar dengan bantuan daripada penyelidikan saintifik bagi mengurangkan kemunculan penyakit.

2. Metodologi

2.1 Kawasan Kajian

Kawasan kajian adalah di UKM kampus Bangi. Kajian dijalankan di dua tapak iaitu kawasan dalam dan luar. Kawasan dalam ialah tapak dalam bangunan iaitu di bilik stor, tandas dan makmal aras 1, 2 dan 3 di Bangunan Biologi di Fakulti Sains dan Teknologi, manakala kawasan luar adalah tapak pelupusan sampah berhampiran bangunan Biologi, Fizik dan Geologi dalam lingkungan jarak 500 m hingga 1 km di sekitar Fakulti Sains dan Teknologi (FST) di kampus UKM, Bangi.

2.2 Persampelan Lipas

Lipas ditangkap dengan perangkap plastik dan balang kaca berumpan dengan biskut (makanan). Terdapat 30 perangkap diletakkan di pelbagai tapak lokasi persampelan. Sebanyak 18 perangkap diletakkan di kawasan dalam dan 12 perangkap diletakkan di kawasan luar. Setiap perangkap dipasang pada pukul 7.00 malam sehingga 7.00 pagi keesokan harinya. Lipas yang terbang masuk ke dalam botol dikira. Setiap tapak dilakukan pensampelan sebanyak lima kali, dengan jumlah kiraan dari sampel-sampel ini digabungkan untuk memberikan anggaran jumlah populasi keseluruhan. Kaedah ini diulang untuk memantau perubahan populasi lipas dari semasa ke semasa. Spesies lipas yang ditangkap ini dikenal pasti dengan menggunakan rujukan taksonomi piawai seperti ciri-ciri sayap depan dan belakang lipas [18] dan rujukan entomologi oleh Packard [19]. Saiz sampel yang perlu ditangkap untuk persampelan adalah sekurang-kurangnya 100 ekor lipas. Saiz sampel dikira dengan menggunakan formula seperti [20] Eq. (1);

$$n = \frac{Z^2 P(1 - P)}{d^2} \quad (1)$$

n= saiz sampel

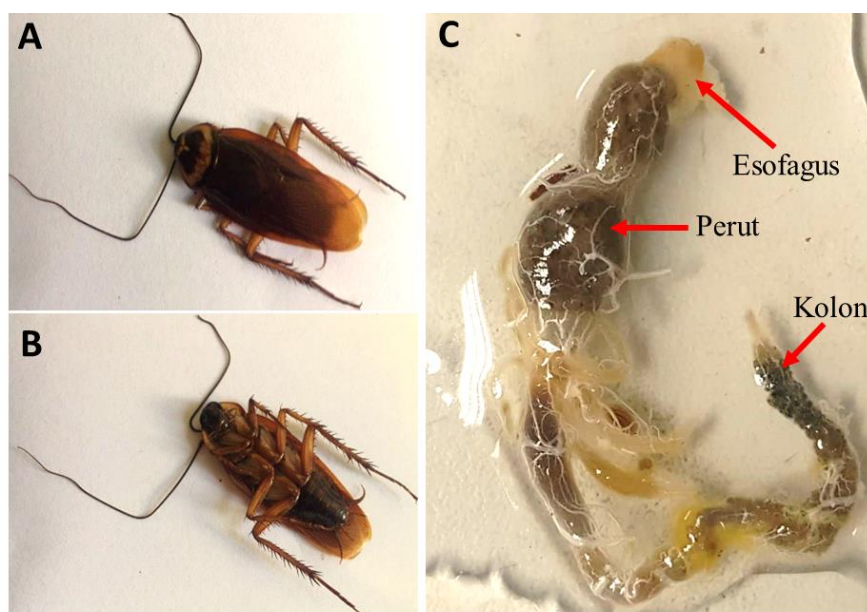
Z= Statistik Z untuk tahap keyakinan (Z=1.96)

P= jangkaan prevalen atau perkadaran (dalam perkadaran satu; P=0.01)

d=ketepatan (dalam perkadaran satu; d = 0.5)

2.3 Pemeriksaan dan Pengenalpastian Parasit daripada *Gastrousus Lipas*

Kaedah [21] telah digunakan dalam eksperimen ini. Lipas itu diletakkan di atas papan bedah dengan bahagian perut ke atas dan enam kaki dibuang dengan gunting. Gunting digunakan untuk memotong eksoskeleton lipas. Saluran pencernaan lipas diperhatikan (Rajah 1). Usus itu dipotong kepada bahagian yang berbeza iaitu esofagus, perut dan kolon dan parasit dilarutkan dalam larutan garam. Organ yang dibedah diperhatikan secara langsung di bawah mikroskop. Semua parasit yang dikumpul dikenal pasti melalui ciri morfologinya dengan membandingkannya dengan buku rujukan yang ditulis oleh Packard [19] dan Bowman [22]. Setiap sampel parasit diperhatikan di bawah mikroskop kompaun dengan teliti.



Rajah 1. (A) Pandangan dorsal, (B) ventral dan (C) organ-organ gastrousus *P. americana*

2.4 Analisis Statistik

Data yang diperolehi dianalisis dengan menggunakan indeks Biodiversiti untuk famili, spesies kelimpahan dan kepelbagaian parasit dalam lipas. Parameter yang digunakan ialah lengkung rarefaction, analisis dominasi, Simpson, Shannon dan Evenness. Kruskal Wallis juga digunakan untuk mengetahui nilai signifikan antara bahagian gastrousus dan kawasan kajian. Perisian yang digunakan untuk analisis ini ialah versi PAST 2.17c.

3. Keputusan dan Perbincangan

Sejumlah 102 ekor lipas *P. americana* telah ditangkap dan sebanyak 728 parasit telah dikenal pasti dan dipencilkan daripada lipas tersebut. Parasit yang dipencil daripada lipas mempunyai bilangan tertinggi adalah daripada kawasan luar FST iaitu 64 ekor lipas *P. americana* dengan kelimpahan 465 parasit yang telah dipencilkan (Jadual 2). Kebanyakan lipas ditemui di kawasan luar. Ini disebabkan oleh lokasi setiap tapak kajian menyumbang kepada habitat sesuai untuk kemandirian *P. americana* iaitu sama ada melibatkan faktor kelembapan dan akses kepada makanan. *P. americana* adalah dominan di kawasan beriklim sederhana dan Tropika dan lebih suka kepada persekitaran yang panas dan lembap [23,24]. Aktiviti kebiasaan serangga ini adalah mencerooboh tempat penyimpanan makanan, sistem kumbahan dan kawasan yang tercemar [25]. Oleh itu, lokasi perangkap yang diletakkan berhampiran dengan tapak pelupusan sampah juga merupakan salah satu faktor serangga ini lebih banyak ditangkap di kawasan tersebut kerana ia berhampiran dengan habitat lipas. Tambahan pula, kawasan luar adalah kawasan terbuka berbanding kawasan dalam yang lebih tertutup.

Jadual 2

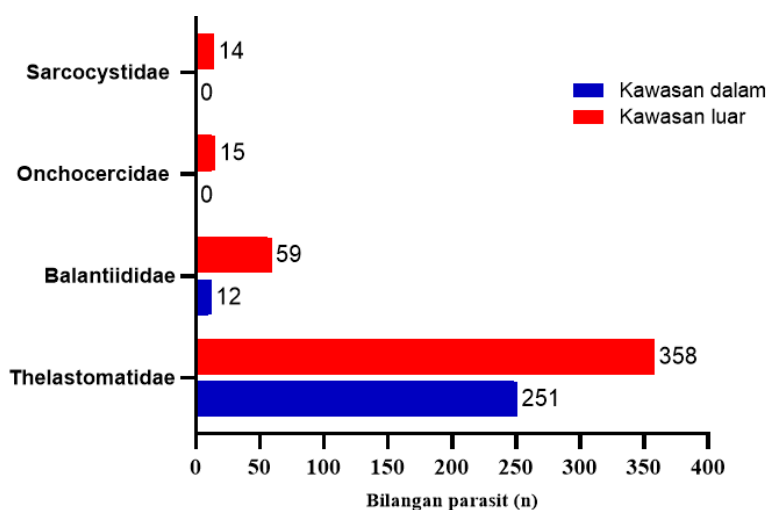
Jumlah bilangan lipas dan bilangan parasit dari kawasan dalam dan kawasan luar di kawasan Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi

Kawasan kajian	Tapak	Bilangan lipas (n)	Bilangan parasit (n)
Kawasan dalam	Bilik stor, tandas dan makmal aras 1, 2 dan 3 Bangunan Biologi	38	263
Kawasan luar	Tapak pelupusan sampah	64	465
Jumlah keseluruhan		102	728

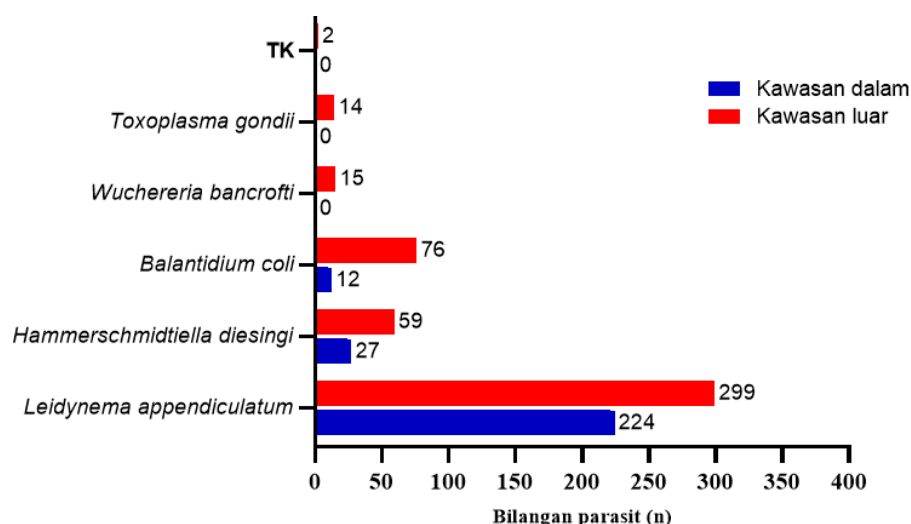
Sebanyak empat famili dan lima spesies parasit iaitu Thelastomatidae, Balantiididae, Onchocercidae dan Sarcocystidae yang telah dipencilkan dan dikenal pasti daripada *P. americana*. Thelastomatidae merupakan famili yang paling banyak ditangkap semasa persampelan iaitu terdiri daripada 606 parasit (84 %) yang terdiri daripada *Leidynema appendiculatum* dan *Hammerschmidtella diesingi*. Prevalen parasit kedua tertinggi adalah terdiri daripada famili Balantiididae dengan 12 % (88) yang terdiri daripada satu spesies iaitu *Balantidium coli*. Kemudian diikuti oleh Onchocercidae dengan 2 % (15 parasit) iaitu *Wuchereria bancrofti* dan Sarcocystidae dengan hanya 2 % (14 parasit) yang dikenalpasti sebagai wakil *Toxoplasma gondii*.

Kajian ini menunjukkan terdapat beberapa perbezaan kehadiran famili parasit di kedua-dua tapak persampelan dalam dan luar. Parasit daripada famili Thelastomatidae lebih tinggi di kawasan luar yang terdiri daripada 52 % (358 parasit) manakala tapak dalam mempunyai 48 % (251 parasit) (Rajah 2 & 3). Parasit daripada famili Balantiididae juga lebih tinggi di kawasan luar dengan 86 % (59 parasit) berbanding tapak dalam yang mempunyai 14 % (12 parasit). Parasit daripada famili Onchocercidae dan Sarcocystidae adalah dominan dan hanya terdapat di tapak luar iaitu masing-masing 15 parasit dan 14 parasit. Tapak persampelan yang berbeza menghasilkan jenis taburan dan spesies parasit yang berbeza-beza.

Prevalen parasit tertinggi ialah *L. appendiculatum* dengan 528 bilangan parasit dan prevalen terendah ialah *T. gondii* dengan sejumlah 14 ekor parasit. Keputusan yang ditunjukkan dalam Jadual 2 menyatakan bahawa kawasan luar mempunyai *L. appendiculatum* yang lebih tinggi berbanding kawasan dalam dengan masing-masing 299 dan 224 ekor parasit. *B. coli* mempunyai prevalen parasit yang kedua dominan di kawasan luar berbanding kawasan dalam iaitu masing-masing 76 dan 12 ekor. *H. diesingi* dengan jumlah keseluruhan 62 parasit dalam lipas daripada kawasan luar iaitu 76 individu berbanding kawasan dalam iaitu 12 ekor. *W. bancrofti* mempunyai 15 ekor parasit dari kawasan luar sahaja.



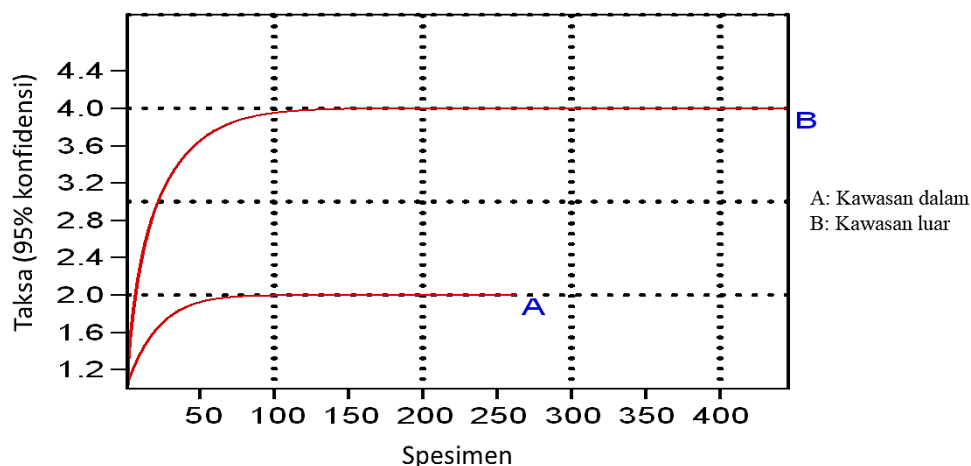
Rajah 2. Bilangan parasit dalam lipas daripada famili parasit yang berbeza daripada kawasan pensampelan dalam dan luar



Rajah 3. Bilangan parasit dalam lipas mengikut spesies parasit yang berbeza daripada kawasan pensampelan dalam dan luar

Berdasarkan Rajah 4 menunjukkan lengkung rarefaction untuk kedua-dua kawasan kajian luar dan dalam berdasarkan kepelbagaian spesies dengan tahap keyakinan 95 % terhadap kelimpahan spesies parasit yang dikenal pasti semasa kajian. Lengkung biodiversiti spesies parasit dalam lipas menunjukkan kelimpahan bilangan parasit di kawasan dalam dan luar. Hasil daripada analisis PAST, lengkung rarefaction daripada persampelan parasit di kawasan dalam dan luar menunjukkan nilai permulaan yang sama tetapi kemudiannya meningkat dan mencapai tahap asimtot pada akhir persampelan. Lengkung rarefaction untuk kawasan luar menunjukkan bilangan spesies parasit yang lebih tinggi iaitu lima spesies parasit dan 446 bilangan parasit berbanding kawasan dalam yang hanya mempunyai tiga spesies dan 263 bilangan parasit. Lengkung curam yang dimiliki oleh kawasan luar menunjukkan bahawa kepelbagaian spesies ditemui adalah tinggi dan dijangka lebih banyak spesies boleh ditemui jika persampelan diteruskan dan terdapat kemungkinan besar untuk mendapatkan spesies parasit yang jarang ditemui juga. Sementara itu, kawasan dalam menunjukkan lengkung yang kurang curam berbanding kawasan luar bermaksud ia mempunyai kepelbagaian spesies parasit lipas yang kurang daripada kawasan luar. Graf menunjukkan tahap asimtot yang bermaksud persampelan telah mencapai maksimum dan spesies yang sama akan diperolehi jika persampelan diteruskan. Bagi meningkatkan tahap keyakinan 95 % lengkung rarefaction, penambahbaikan semasa persampelan seperti menambah bilangan replika perangkap di kawasan dalam perlu dijalankan.

Daripada indeks Shannon, Indeks Shannon bagi kawasan luar adalah lebih tinggi berbanding dengan kawasan dalam yang nilai masing-masing adalah 1.082 dan 0.5113. Ini menunjukkan bahawa kawasan luar mempunyai kelimpahan spesies parasit yang lebih tinggi tetapi tidak diagihkan secara sama rata kerana indeks keseragaman adalah lebih tinggi. Ini disebabkan oleh satu spesies mempunyai lebih bilangan daripada spesies lain. Oleh itu, ia mungkin mengganggu indeks keseragaman. Oleh kerana bilangan taksa di kawasan luar adalah lebih tinggi, ia menunjukkan bahawa himpunan parasit lebih sekata, dan ia disokong oleh nilai indeks Simpson yang lebih tinggi iaitu 0.54 berbanding 0.26 dari kawasan dalam. Walau bagaimanapun, sebaliknya, indeks kesamarataan (Evenness) adalah lebih tinggi di kawasan dalam kerana nilai indeks kesamarataan ialah 0.55 berbanding dengan kawasan luar iaitu 0.49. Ujian bukan parametrik Kruskal Wallis untuk mengenal pasti perbezaan ketara antara kawasan dalam dan kawasan luar melalui analisis PAST. Nilai p ialah 0.1467, iaitu > 0.05 . Ini menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan antara kawasan dalam dan luar.



Rajah 4. Lengkuk *rarefaction* bilangan spesimen melawan taksa (95 % konfidensi)

Berdasarkan Jadual 3, kebanyakan parasit yang menjangkiti *P. americana* adalah bergantung kepada organ. Sesetengah parasit hanya tinggal dalam satu jenis organ sahaja. Dalam kajian ini, kebanyakan parasit menjangkiti kolon dengan prevalen tertinggi iaitu 97.05 %. Hampir kesemua spesies parasit menjangkiti kolon lipas *P. americana*. Esofagus adalah organ kedua tertinggi dijangkiti parasit iaitu 29.41 %, manakala perut adalah organ paling rendah dijangkiti dengan parasit iaitu 3.92 %. Kolon lipas merupakan kawasan yang paling sering dijangkiti oleh parasit yang mana terdapat lima spesies parasit yang telah dikenal pasti di kolon lipas. Parasit tersebut ialah *L. appendiculatum*, *H. diesingi*, *B. coli*, *W. bancrofti* dan *T. gondii*. Parasit yang paling banyak menyerang kawasan kolon lipas adalah *L. appendiculatum* yang mempunyai jangkitan paling tinggi dengan 89 ekor lipas *P. americana* telah dijangkiti (87.25 %). Parasit kedua tertinggi yang menyerang kolon lipas *P. americana* ialah *H. diesingi* yang telah menjangkiti 22 ekor *P. americana* dengan prevalen 21.57 %, dan diikuti oleh *B. coli* iaitu 10 ekor *P. americana* telah dijangkiti (9.8 %). Esofagus adalah organ gastrousus adalah kedua prevalen tertinggi parasit. Terdapat dua jenis parasit yang ditemui iaitu *L. appendiculatum* dan *B. coli*. Prevalen tertinggi parasit dalam esofagus adalah daripada *L. appendiculatum* dengan 29.41 % dan telah menjangkiti 30 ekor *P. americana*. *B. coli* mempunyai parasit yang paling kurang menjangkiti esofagus *P. americana* dengan prevalen sebanyak 7.84 %. Organ gastrousus lipas yang paling kurang dijangkiti adalah perut dengan satu spesies parasit telah dikenal pasti iaitu *L. appendiculatum*.

Jadual 3

Prevalen spesies parasit menjangkiti lipas *P. americana* dalam setiap organ gastrousus

Organ yang dijangkiti	Spesies Parasit	<i>P. americana</i> (n=102)	
		Bilangan lipas positif	%
Kolon	<i>Leidynema appendiculatum</i>	89	87.25
	<i>Hammerschmidtella diesingi</i>	22	21.56
	<i>Balantidium coli</i>	10	9.80
	<i>Wuchereria bancrofti</i>	3	2.94
	<i>Toxoplasma gondii</i>	4	3.92
	Tidak dikenalpasti	1	1.96
Esofagus	<i>Leidynema appendiculatum</i>	30	29.41
	<i>Balantidium coli</i>	8	7.84
Perut	<i>Leidynema appendiculatum</i>	4	3.92

Jadual 4 menunjukkan indeks kepelbagaian parasit bagi organ-organ gastrousus *P. americana* iaitu kolon, esofagus dan perut. Indeks Shannon untuk kolon adalah lebih tinggi berbanding dengan

esofagus dan perut iaitu 0.8813. Nilai yang lebih tinggi ini menunjukkan bahawa kepelbagaian spesies parasit adalah lebih tinggi di kolon lipas. Namun, indeks dominan lebih tinggi kepada spesies dominan iaitu di kolon yang mengandungi lima spesies taksa. Esofagus yang mengandungi dua spesies taksa dan spesies parasit dominan dalam kajian ini iaitu *L. appendiculatum* dan *B. coli*. Walau bagaimanapun, indeks keseragaman (Evenness) dalam kolon (0.4023) adalah lebih rendah daripada esofagus (0.989) yang menunjukkan taburan parasit yang sama rata. Nilai p ialah 0.014 iaitu < 0.05 menunjukkan bahawa terdapat perbezaan yang ketara antara spesies parasit daripada setiap organ gastrousus.

Jadual 4

Analisis indeks diversiti spesies parasit daripada beberapa bahagian organ gastrousus lipas

Gastrousus	Kolon	Esofagus	Perut
Taxa_S	6	2	1
Bilangan individu	621	101	6
Dominance_D	0.5718	0.511	1
Simpson_1-D	0.4282	0.489	0
Shannon_H	0.8813	0.6821	0
Evenness_e^H/S	0.4023	0.989	1

Dapatan daripada hasil kajian ini mencadangkan kelaziman jangkitan parasit pada *P. americana* dipengaruhi oleh spesies parasit, jenis organ, lokasi pensampelan dan faktor persekitaran. Daripada pemerhatian kali ini, kawasan persampelan bagi kawasan luar mempunyai air bertakung dan kawasan tercemar dengan sisa makanan manakala kawasan dalam adalah kawasan yang penuh dengan barangan lama. Sejumlah lima spesies parasit telah dikenal pasti dan menjangkiti 102 ekor *P. americana*. Parasit yang paling banyak dengan prevalen tertinggi ialah *Leidyneema appendiculatum*, di mana parasit ini mendominasi jangkitan pada kolon dan esofagus *P. americana*. Parasit ini dilaporkan mempunyai kelaziman tinggi di kalangan lipas yang ditangkap dari pelbagai kawasan di seluruh dunia. *L. appendiculatum* ialah salah satu nematod dalam susunan Oxyurida. Oxyurida terdiri daripada famili yang terbahagi kepada dua super famili iaitu Oxyuroidea dan Thelastomatidae. Superfamili Oxyuroidea terdiri daripada nematod parasit vertebrata manakala Thelastomatidae terdiri daripada nematod parasit invertebrata. *L. appendiculatum* ialah salah satu parasit biasa daripada keluarga Thelastomatidae yang terdapat pada *P. americana* dan telah dilaporkan lebih daripada empat puluh kali dalam kajian lalu [26-28]. *L. appendiculatum* dikenali sebagai perosak sanitari atau spesies nematod kosmopolitan kerana ia juga menjangkiti jenis lipas lain iaitu *P. australasiae* dan *B. orientalis* [29-31]. Kitaran hidup nematod adalah sangat mudah dan cepat. Telur nematod akan dibiarkan oleh nematod dewasa dan disimpan dalam najis perumah dan telur akan dilepaskan semasa perumah membuang air besar. Kitaran ini akan berulang apabila perumah baru memakan telur tersebut dan membawa kepada jangkitan seterusnya [32]. Kesan jangkitan *L. appendiculatum* pada manusia tidak teruk seperti kehadiran Oxyurida lain pada manusia seperti menyebabkan penyakit seperti kolitis atau jangkitan ektopik pada wanita [33]. Oleh itu, ditunjukkan bahawa *L. appendiculatum* mempunyai kadar infektiviti yang tinggi dengan lipas di seluruh dunia [34].

Nematod kedua lazim dalam kajian ini ialah *Hammerschmidtella diesingi*. Parasit ini mempunyai kadar prevalen kedua tertinggi dengan keamatan jangkitan yang tinggi selepas *L. appendiculatum* pada lipas. Jangkitannya lebih tinggi di kawasan luar berbanding kawasan dalam. Spesies parasit ini dilaporkan sebagai spesies lazim ditemui pada *P. americana* dan kadangkala menjangkiti lipas bersama parasit lain [35]. *B. coli* juga merupakan salah satu parasit yang banyak ditemui dalam kajian ini. Ia adalah protozoa usus pertama yang dikesan dalam gastrousus manusia dan satu-satunya cilia yang diketahui menjangkiti manusia dan haiwan primat [36]. Diagnosis *B. coli* adalah secara langsung

daripada najis. *B. coli* telah dikatakan merbahaya kepada manusia kerana boleh menyebabkan ulser usus besar kepada manusia dengan manifestasi klinikal seperti cirit-birit, disentri iaitu cirit-birit dengan sakit perut atau kehadiran darah dan lendir dalam najis. Protozoa ini merupakan salah satu organisma kosmopolitan dan boleh didapati daripada pelbagai sumber tercemar seperti makan dan air [37].

Wuchereria bancrofti pula bertanggungjawab untuk hampir 90 % kes filariasis limfa manusia [38]. Filariasis limfa adalah antara penyebab utama hilang upaya kekal bagi penyakit manusia yang telah menjangkiti lebih 90 juta orang di 52 negara seluruh dunia [39,40]. *W. bancrofti* adalah salah satu parasit yang sangat khusus dan lazim untuk manusia dan jangkitan adalah secara meluas di seluruh kawasan negara Tropika. *W. bancrofti* menjalankan kitaran hayatnya dalam dua perumah iaitu manusia berfungsi sebagai perumah utama dan nyamuk sebagai perumah perantaraan. Bagaimanapun, haiwan primat mampu dijangkiti oleh parasit ini. Dalam kajian ini, kawasan luar mempunyai paling tinggi kehadiran *W. bancrofti* dengan 15 parasit telah diasingkan dan dikenal pasti wujud dalam tiga ekor lipas *P. americana*. Ini menunjukkan bahawa parasit zoonotik berbahaya kepada manusia ini berupaya hidup dalam perumah seperti lipas. Terdapat interaksi antara *P. americana* dengan organisma lain seperti manusia, dan primat dan kerana kemungkinannya adalah tinggi kerana kawasan luar adalah kawasan terbuka berbanding kawasan dalam yang merupakan kawasan tertutup.

Terdapat juga kewujudan *Toxoplasma gondii* semasa proses pengecaman parasit yang menjangkiti *P. americana*. Dalam kajian ini, *T. gondii* telah menjangkiti empat ekor *P. americana* dengan 2.94 % jangkitan dan 14 ekor parasit *T. gondii* telah ditemui di kawasan luar. *T. gondii* ialah salah satu daripada parasit yang lazim dalam haiwan domestik, liar, dan haiwan peliharaan dan ia mampu menjangkiti manusia. Terdapat usaha pembuatan vaksin *T. gondii* kerana haiwan seperti biri-biri, dan kucing mudah dijangkiti dan membawa penyakit kepada manusia [41]. Manusia bukanlah vektor utama, tetapi manusia boleh dijangkiti melalui makanan seperti daging yang tidak dimasak betul atau makanan yang tercemar oleh ookista daripada najis yang dikumuhkan oleh kucing yang telah dijangkiti [42]. Penularan jangkitan daripada *T. gondii* daripada haiwan domestik, liar dan haiwan peliharaan dipanggil sebagai toksoplasmosis. Penularan parasit juga boleh dilihat daripada tercetusnya pembandaran atau urbanisasi kerana ia memberi ruang untuk pembiakan penyakit yang dibantu oleh serangga kotor seperti lipas [43]. Kucing dianggap sebagai vektor utama dalam pengantaraan parasit *T. gondii* kerana terdapat hubungan langsung dengan manusia dan jangkitan pada kucing boleh menghasilkan berjuta-juta ookista melalui najis dan mencemarkan alam sekitar [44]. Serangga seperti lipas yang memakan hampir semua benda terutama najis boleh meningkatkan kebarangkalian kehadiran *T. gondii* dalam gastrousus *P. americana* [45].

Penemuan penyelidikan ini mendapati terdapat tiga spesies daripada lima spesies parasit menyumbang kepada potensi jangkitan zoonosis dan memberi kesan kepada kesihatan manusia. Parasit yang mempunyai potensi zoonosis ini ialah *B. coli*, *W. bancrofti* dan *T. gondii*. Pertubuhan Kesihatan Dunia telah mengenalpasti parasit zoonosis 17 nematod, 5 cestoda dan 12 trematod yang mempunyai kesan ke atas kesihatan manusia termasuk *B. coli*, *W. bancrofti* dan *T. gondii*. dan boleh membawa maut [46]. Kebanyakan parasit ini telah ditemui di kawasan kolon atau gastrousus kerana ketersediaan nutrien pada organ tersebut menyebabkan jangkitan pada organ tersebut lebih tinggi daripada organ yang lain [47]. Usus besar atau kolon telah menjadi organ dengan kelaziman tertinggi parasit iaitu 99 ekor *P. americana* dijangkiti dengan kadar jangkitan 97.05 %. Usus besar berfungsi untuk menyerap garam dan nutrien lain daripada najis. Ia juga menawarkan pertumbuhan optimum untuk organisma apabila pH beralkali dan dalam keadaan anaerobik [48]. Kolon telah menjadi tempat yang sesuai untuk *L. appendiculatum* kerana ia merupakan salah satu parasit komensal dan memakan fauna bakteria pada usus [35]. Oleh itu, kajian ini telah menunjukkan bahawa lipas adalah serangga

yang bukan sahaja kotor malah berbahaya kepada manusia kerana ia mampu menjadi pengantara kepada beberapa parasit yang berbahaya dan boleh mengancam nyawa.

Implikasi ekologi penemuan ini menunjukkan bahawa kelaziman jangkitan parasit pada *P. americana* dipengaruhi oleh beberapa faktor ekologi yang kompleks, termasuk spesies parasit, jenis organ yang dijangkiti, lokasi pensampelan dan faktor persekitaran. Penemuan ini seiring dengan kajian-kajian sebelumnya yang menunjukkan bahawa lipas bertindak sebagai perumah dan vektor penting bagi pelbagai parasit usus, namun faktor-faktor seperti habitat dan kebersihan persekitaran memainkan peranan penting dalam menentukan tahap pendedahan dan jangkitan parasit [4]. Kajian terdahulu juga menunjukkan bahawa lipas yang hidup dalam persekitaran yang lebih tercemar, seperti tandas atau tempat sampah, mempunyai kadar jangkitan parasit yang lebih tinggi berbanding dengan lipas yang ditemui di kawasan yang lebih bersih seperti dapur atau pejabat [15]. Perbezaan dalam kelaziman jangkitan parasit antara spesies parasit yang berbeza dan organ yang dijangkiti juga mencadangkan bahawa interaksi spesifik antara lipas dan parasit boleh mempengaruhi penyebaran penyakit di persekitaran tertentu. Dengan itu, kajian ini memberi implikasi penting dalam merancang langkah kawalan yang lebih berkesan, kerana faktor-faktor ekologi ini perlu diambil kira untuk mengurangkan risiko jangkitan dan penyebaran penyakit yang dibawa oleh lipas.

4. Kesimpulan

Hasil daripada penyelidikan ini menunjukkan bahawa kawasan dalam mempunyai kurang bilangan lipas dan kurang bilangan parasit yang ditemui. Keadaan ini mungkin disebabkan oleh aktiviti kebersihan dan pengurusan yang telah dijalankan secara berkala untuk mengawal pembiakan serangga manakala kawasan luar di tapak pelupusan sampah adalah lebih terdedah dan tidak diurus dengan baik. Kebersihan yang kurang baik di kawasan tapak pelupusan ini akan menjadi punca kepada wabak penyakit akibat berlakunya interaksi organisma seperti lipas, parasit, primat dan manusia yang akan mencetuskan jangkitan dari kawasan tersebut. Tiga daripada lima parasit yang dikenalpasti adalah parasit zoonosis iaitu *B. coli*, *W. bancrofti* dan *T. gondii*. Parasit zoonosis ini mampu berpindah daripada primat kepada manusia dan serangga seperti lipas serta boleh menyebabkan penyakit tertentu yang boleh memburukkan kesihatan manusia. Lipas telah menjadi vektor penting kerana membawa dan mengantara parasit di antara habitat dan manusia dan haiwan lain. Oleh itu, kita perlu memahami laluan penularan parasit dan meningkatkan kesedaran tentang kebersihan yang baik untuk mencegah parasit zoonosis dan seterusnya dapat mengurangkan populasi, habitat atau kawasan pembiakan lipas. Kajian penyelidikan ini adalah amat penting untuk menjejaki faktor penularan penyakit pada manusia melalui kajian peringkat serangga seperti lipas supaya wabak penyakit dapat dibentasi sebelum menjejaskan kesihatan manusia yang tinggal berhampiran terutamanya di kawasan kampus universiti.

Penghargaan

Penyelidikan ini dibiayai oleh geran daripada Kementerian Pendidikan Malaysia (FRGS/1/2019/STG03/UKM/03/2).

References

- [1] Afzan Mat Yusof, Afzan Mat Yusof. "Identification of cockroaches as mechanical vector for parasitic infections and infestations in Kuantan, Malaysia." *Journal of Entomology* (2018): 143-148. <https://doi.org/10.3923/je.2018.143.148>
- [2] Cochran, Donald G. "Blattodea:(cockroaches)." In *Encyclopedia of insects*, Academic Press (2009): 108-112. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00036-9>

- [3] Soekirno, Mardjan. "Produktivitas dan Mortalitas *Periplaneta americana* (Linnaeus)(Blattaria; Blattidae) di Laboratorium." *Jurnal Ekologi Kesehatan*, (2003): 3.
- [4] Nasirian, Hassan. "Infestation of cockroaches (Insecta: Blattaria) in the human dwelling environments: a systematic review and meta-analysis." *Acta Tropica* (2017): 86-98. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.12.019>
- [5] Ejimadu, L. C., O. N. Goselle, Y. M. Ahmadu, and N. N. James-Rugu. "Specialization of *Periplaneta americana* (American cockroach) and *Blattella germanica* (German cockroach) towards intestinal parasites: a public health concern." *Journal of Pharmacy and Biological Sciences* No. 6 (2015): 23-32.
- [6] Sharififard, Mona, Farhad Safdari, Amir Siahpoush, and Hamid Kassiri. "Evaluation of some plant essential oils against the brown-banded cockroach, *Supella longipalpa* (Blattaria: Ectobiidae): A mechanical vector of human pathogens." *Journal of Arthropod-Borne Diseases* 10, No. 4 (2016): 528.
- [7] Malik, Kausar, Ammara Jamil, and Anam Arshad. "Study of pathogenic microorganisms in the external body parts of American cockroach (*Periplaneta americana*) collected from different kitchens." *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences* 7, No. 6 (2013): 45-48. <https://doi.org/10.9790/3008-0764548>
- [8] Beaver, P.C., Jung, R.C. and Cupp, E.W. "Clinical parasitology." IX Edn Philadelphia (1984).
- [9] Haile, T., Mariam, A.T., Kiros, S. and Teffera, Z. "Cockroaches as carriers of human gastrointestinal parasites in Wolkite Town, southwestern Ethiopia." *Journal of Parasitology and Vector Biology* 10, No. 2 (2018):33-38. <https://doi.org/10.5897/JPVB2017.0313>
- [10] Patel, A., Jenkins, M., Rhoden, K. and Barnes, A.N. "A systematic review of zoonotic enteric parasites carried by flies, cockroaches, and dung beetles." *Pathogens* 11, No. 1 (2022): 90. <https://doi.org/10.3390/pathogens11010090>
- [11] Salehzadeh, A., Tavacol, P. and Mahjub, H. "Bacterial, fungal and parasitic contamination of cockroaches in public hospitals of Hamadan, Iran." *Journal of vector borne diseases* 44, No.2 (2007): 105.
- [12] Galecki, R. and Sokoi, R. "Parasitological evaluation of edible insects and their role in the transmission of parasitic diseases to humans and animals." *PLoS One* 14, No.7 (2019): e0219303. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219303>
- [13] Sohn, M.H. and Kim, K.E. "The cockroach and allergic diseases." *Allergy, asthma & immunology research* 4, No. 5 (2012): 264-269. <https://doi.org/10.4168/aa.2012.4.5.264>
- [14] Nasirian, H. "Recent cockroach bacterial contamination trend in the human dwelling environments: A systematic review and meta-analysis." *Bangladesh Journal of Medical Science* 18, No. 3 (2019): 540-545. <https://doi.org/10.3329/bjms.v18i3.41623>
- [15] Gonzalez-Astudillo, V., Bustamante-Rengifo, J.A., Bonilla, Á., Lehmicke, A.J.J., Castillo, A. and Astudillo-Hernandez, M. "Synanthropic cockroaches (Blattidae: *Periplaneta* spp.) harbor pathogenic *Leptospira* in Colombia." *Journal of Medical Entomology* 53, No. 1 (2016): 177-182. <https://doi.org/10.1093/jme/tjv172>
- [16] Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L. and Daszak, P. "Global trends in emerging infectious diseases." *Nature* 451, No. 7181 (2008): 990–993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
- [17] El-Sherbini, G.T. and El-Sherbini, E.T. "The role of cockroaches and flies in mechanical transmission of medical important parasites." *Journal of Entomology and Nematology* 3, No. 7 (2011): 98-104. <https://doi.org/10.12816/0006304>.
- [18] Choate, P. M. "A dichotomous key for the identification of the Cockroach fauna (Insecta: Blattaria) of Florida." *Nematology* (1991): 1–18.
- [19] Packard, A. "Guide to the study of insects." (2023). <https://doi.org/10.5962/bhl.title.46659>
- [20] Naing, L., Winn, T. & Rusli, B. "Practical issues in calculating the sample size for prevalence studies." *Archives of Orofacial Sciences* 1, (2006): 9–14.
- [21] Ajayi, OO., Ajayi JA., Ogo, NI. & Abdulrahman. "A study of cysts and eggs of parasites in the gut of cockroaches (*Periplaneta americana*) in Jos, Plateau state, Nigeria." *International Journal of Biological Sciences* 3, No. 1 (2011):112-113
- [22] Bowman, D. "A mosquito goes global." *Science* (2008): 864–866.
- [23] Pomes, A. "Cockroach and other inhalant insect allergens." *Clinical Reviews in Allergy & Immunology* 21, No. 18 (2008): 183.
- [24] Pomes, A., Arruda, L.K. "Investigating cockroach allergens: aiming to improve diagnosis and treatment of cockroach allergic patients." *Methods* 66, No.1 (2014): 75–85. <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2013.07.036>
- [25] Fakoorziba, M. R., Eghbal, F., Hassanzadeh, J. & Moemenbellah-Fard, M. D. "Cockroaches (*Periplaneta americana* and *Blattella germanica*) as potential vectors of the pathogenic bacteria found in nosocomial infections." *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 104, No.6 (2010): 521–528. <https://doi.org/10.1179/136485910x12786389891326>

- [26] Vicente, C. S. L., Ozawa, S. & Hasegawa, K. "Composition of the cockroach gut microbiome in the presence of parasitic nematodes." *Microbes and environments microbes and environments* 31, No.3 (2016): 314–320 <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME16088>
- [27] Ghosh, J. "A study on the occurrence of pinworms in the hindgut of *Periplaneta americana*." *Journal of Parasitic Diseases* 41, No.4 (2017):1153–1157. <https://doi.org/10.1007/s12639-017-0952-0>
- [28] Ozawa, S. & Hasegawa, K. "Broad infectivity of *Leidynema appendiculatum* (Nematoda: Oxyurida: Thelastomatidae) parasite of the smokybrown cockroach *Periplaneta fuliginosa* (Blattodea: Blattidae)." *Ecology and Evolution* 8, No.8 (2018):3908–3918. <https://doi.org/10.1002/ece3.3948>
- [29] Adamson, M. L., & Noble, S. J. "Interspecific and intraspecific competition among pinworms in the hindgut of *Periplaneta americana*." *Journal of Parasitology* 79 (1993):50–56. <https://doi.org/10.2307/3283276>
- [30] Shah, M. M. "Some studies on insect parasitic nematodes (Oxyurida, Thelastomatoidea, Thelastomatidae) from Manipur, North-East India." *Acta Parasitologica* 52 (2007):346–362. <https://doi.org/10.2478/s11686-007-0051-y>
- [31] Vicente, C. S. L., Ozawa, S. & Hasegawa, K. "Composition of the cockroach gut microbiome in the presence of parasitic nematodes." *Microbes and environments microbes and environments* 31, No.3 (2016): 314–320. <https://doi.org/10.1264/jsme2.me16088>
- [32] Adamson, M. L. "Evolutionary patterns in life histories of Oxyurida." *International Journal for Parasitology* 24 (1994): 1167–1177. [https://doi.org/10.1016/0020-7519\(94\)90189-9](https://doi.org/10.1016/0020-7519(94)90189-9).
- [33] Ariyathenam, A. V., Nachimuthu, S., Tang, T. Y., Courtney, E. D., Harris, S. A., & Harris, A. M. "*Enterobius vermicularis* infestation of the appendix and management at the time of laparoscopic appendectomy: Case series and literature review." *International Journal of Surgery* 8 (2010):466–469. <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2010.06.007>.
- [34] Sinnott, D., Carreno, R. A., & Herrera, H. "Distribution of thelastomatid nematode (Nematode: Oxyurida) in endemic and introduced cockroaches on the Galápagos island Archipelago, Ecuador." *Journal of Parasitology* 101 (2015):445–457. <https://doi.org/10.1645/15-721>
- [35] Al-bayati, N.Y., Al-Ubaidi, A.S. and Al-Ubaidi, I.K. "Risks associated with cockroach *Periplaneta americana* as a transmitter of pathogen agents." *Diyala Journal of Medicine* 1, No.1 (2011): 91-97
- [36] Allard, A., and Apostolos V. Part Three. Specific Excreted Pathogens: Environmental and Epidemiolog Aspects (2017).
- [37] Schuster, F. L. & Ramirez-avila, L. "Current World Status of *Balantidium coli*." *Clinical Microbiology Review* 21, No. 4 (2008): 626–638. <https://doi.org/10.1128/cmr.00021-08>
- [38] Small, S. T., Labbé, F., Coulibaly, Y. I., Nutman, T. B., King, C. L., Serre, D. & Zimmerman P. A. "Human Migration and the Spread of the Nematode Parasite *Wuchereria bancrofti*." *Molecular biology and evolution* (2018):1–30. <https://doi.org/10.1093/molbev/msz116>
- [39] Ottesen, E.A., Hooper, P.J., Bradley, M. and Biswas, G. "The global programme to eliminate lymphatic filariasis: health impact after 8 years." *PLoS Neglected Tropical Diseases* 2, No.10 (2008): e317. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000317>
- [40] WHO, World Health Organization. "Global programme to eliminate lymphatic filariasis: progress report, 2011." *Weekly Epidemiological Record* 87, No. 37 (2012): 346-356.
- [41] Sibley, L. D., Khan, A., Ajioka, J. W. & Rosenthal, B. M. "Genetic diversity of *Toxoplasma gondii* in animals and humans." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364, No. 1530 (2009):2749-2761. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0087>
- [42] Frenkel, J. K. "Toxoplasma in and around us." *Bioscience* 23 (1973): 343–352. <https://doi.org/10.2307/1296513>
- [43] Tatteng, Y.M., Usuanlele, M.U., Orukpe, A., Digban, A.K., Okodua, M., Oviasogie, F. and Turay, A.A. "Mechanical transmission of pathogenic organisms: the role of cockroaches." *Journal of Vector borne Diseases* 42, No.4 (2005):129.
- [44] Zulpo, D.L., Sammi, A.S., Dos Santos, J.R., Sasse, J.P., Martins, T.A., Minutti, A.F., Cardim, S.T., de Barros, L.D., Navarro, I.T. and Garcia, J.L. "*Toxoplasma gondii*: a study of oocyst shedding in domestic cats." *Veterinary parasitology* 249 (2018):17-20. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.10.021>
- [45] Thaddeus, K. G., Ronald, K. & Leen, T. "Mechanical Transmission of Human Protozoan Parasites by Insects" *Revista Ciates* 2, No. 1 (2010): 13–20. <https://doi.org/10.1128/cmr.18.1.128-132.2005>
- [46] Alasil, S.M. and Abdullah, K.A. "An epidemiological review on emerging and re-emerging parasitic infectious diseases in Malaysia." *The Open Microbiology Journal* 13, No. 1 (2019). <https://doi.org/10.2174/1874285801913010112>
- [47] Yamaguti, S. The development of *Heligmosomum muris* Yokogawa a nematode from the intestine of wild rat. *Parasitology* 14 (1992): 127-166. <https://doi.org/10.1017/S0031182000010052>
- [48] Guthrie, D.M. & Tindall, A.R. "The Biology of the Cockroaches." *Second Edition. London; William Clowes and Sons* (1968).