

## Taburan Parasit Anura dan Indeks Kualiti Air di Kawasan Tasik dan Tanah Bencah Putrajaya

(Distribution of Anuran Parasite and Water Quality Indices at Putrajaya Lake and Wetland)

HANI KARTINI AGUSTAR<sup>1,\*</sup>, AMATUL HAMIZAH ALI<sup>2</sup>, NORHAYATI AHMAD<sup>3</sup> & MUHAMMAD ZULFADHLI NASIRUDDIN LIM<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Earth Science and Environment, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia*

<sup>2</sup>*Department of Chemical Sciences, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia*

<sup>3</sup>*Department of Biological Sciences and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia*

*Diserahkan: 13 Mac 2022/Diterima: 25 Jun 2022*

### ABSTRAK

Populasi anura (katak) di sesuatu ekosistem boleh menjadi penunjuk biologi bagi tahap kebersihan. Populasi yang rendah atau kadar kematian anura yang tinggi di sesuatu persekitaran menunjukkan ekosistem kawasan tersebut adalah tidak stabil, contohnya akibat pencemaran air atau kadar jangkitan parasit yang tinggi. Objektif kajian ini adalah untuk menentukan kepelbagaian spesies anura, mengenal pasti taburan parasit yang menjangkiti anura di kawasan tasik dan Tanah Bencah Putrajaya dan menentukan hubungan antara indeks kualiti air dengan taburan parasit dan anura. Sebanyak 74 ekor katak telah ditangkap sepanjang tempoh persampelan yang tergolong daripada lima famili dan enam spesies yang berbeza. Indeks kepelbagaian Shannon menunjukkan stesen LE, UN, UW, P.7 dan P.10 mempunyai nilai indeks kepelbagaian iaitu 1-3 bermaksud kepelbagaian spesies anura adalah sederhana. Sebanyak 2437 ekor parasit telah ditemui pada semua 74 ekor katak yang telah dibedah dalam kajian ini. Anggaran 86.5% katak di kawasan Putrajaya telah dijangkiti parasit. Status indeks kualiti air bagi kesemua stesen Putrajaya adalah bersih hingga sederhana bersih (kelas II hingga III). Ujian Kruskal-Wallis mendapati bahawa taburan parasit pada anura di setiap stesen UE, UW, UN, LE, CW, P.7, dan P.10 adalah tidak signifikan ( $X^2 = 9.28$ ;  $df=6$ ;  $p>0.05$ ). Ini bermaksud tiada perbezaan signifikan antara taburan parasit pada anura di setiap kawasan dan jangkitan parasit ini adalah tidak dipengaruhi oleh indeks kualiti air di sesuatu stesen kajian.

Kata kunci: Amfibia; anura; indeks kualiti air; protozoa; taburan parasit; Tanah Bencah Putrajaya; tasik Putrajaya

### ABSTRACT

The anuran population in an ecosystem is a good indicator of the cleanliness of the environment. A low anuran population or a high anuran mortality rate in an environment indicates that the ecosystem of the surrounding area is unstable, such as exposure to polluted water or high parasite distribution. The objective of this study was to determine the diversity of anuran species, the distribution of anuran parasites in Putrajaya lake and Wetland Putrajaya, and the relationship between water quality index with the distribution of parasites and anuran. A total of 74 frogs were caught during the sampling period, representing five families and six anuran species. According to the Shannon diversity indices, sampling stations LE, UN, UW, P.7, and P.10 had a diversity index value of 1-3 indicating that the diversity of anuran species was moderate. A total of 2437 parasites were identified from 74 dissected frogs in this study. Parasites have infected an estimated 86.5% of frogs in the Putrajaya area. The water quality index status for all Putrajaya stations is considered clean to moderately clean (Class II to III). The Kruskal-Wallis test showed that the parasite distribution on the anurans at each station UE, UW, UN, LE, CW, P.7 and P.10 was not significant ( $X^2 = 9.28$ ;  $df=6$ ;  $p>0.05$ ). This means that there is no significant difference in the distribution of parasites on the anurans in each area, and the infection of these parasites is unaffected by the water quality indices at the sampling stations.

Keywords: Amphibians; anuran; parasite distribution; protozoa; Putrajaya lake; water quality index; Wetland Putrajaya

## PENGENALAN

Populasi anura atau katak adalah penting dalam ekosistem untuk mengekalkan persekitaran yang stabil. Anura mengawal populasi serangga dan merupakan penunjuk biologi kualiti persekitaran sekitar (Bernardo-Cravo et al. 2020; Rahman & Shakinah 2015). Malangnya, populasi anura semakin berkurangan dengan kadar yang tinggi sepanjang tahun (Ceballos et al. 2017; Collins & Storer 2003). Kajian menunjukkan sebanyak 40% populasi amfibia global semakin berkurangan disebabkan oleh beberapa faktor iaitu kemusnahan habitat, peningkatan penyakit berjangkit termasuk penyakit yang disebabkan oleh parasit, pencemaran oleh racun perosak dan faktor antropogen lain (Blaustein et al. 2018; Hayes et al. 2010). Anura sensitif terhadap perubahan alam sekitar di darat dan di dalam air kerana peringkat kitaran hayat melibatkan kedua-dua habitat tersebut (Alford & Richards 1999). Anura adalah haiwan yang mempunyai peringkat hidup di kawasan darat dan air tawar seperti tasik, kolam, tanah lembap dan sungai (Dorcas 2011). Hampir keseluruhan masa anura pada kitaran hidup peringkat telur dan berudu berada di dalam air. Katak dewasa memainkan peranan penting dalam perantaraan rantai makanan sebagai pemangsa kepada serangga dan mangsa kepada haiwan lain seperti ular dan biawak. Berudu pula memakan alga dan ini sangat penting dalam rantai makanan habitat darat dan air. Oleh itu, anura boleh digunakan sebagai petunjuk biologi untuk menilai kesan perubahan faktor persekitaran sesuatu ekosistem (Simon et al. 2011).

Anura adalah haiwan yang sering terdedah kepada faktor perubahan akuatik di persekitarannya oleh kerana kulitnya yang bersifat separa telap yang menyebabkan anura lebih mudah untuk dijangkiti parasit dan bahan pencemar (Simon et al. 2011). Kajian lepas menyatakan bahawa kepekatan arsenik (As), zink (Zn) dan kromium (Cr) ditemui tinggi dalam organ testis katak (Trocchia et al. 2015). Katak boleh menyerap bahan pencemar dalam jangka masa panjang di sesuatu kawasan. Kehadiran bahan cemar ini seterusnya akan menggalakkan jangkitan parasit seperti ektoparasit atau endoparasit untuk menyerang organisma tersebut. Kehadiran bahan pencemar ini akan menggalakkan lagi jangkitan parasit dan seterusnya meningkatkan taburan parasit di kawasan tersebut (Sures et al. 2017). Kesannya, apabila parasit di dalam anura menjadi semakin banyak, jangka hayat dan ketahanan anura semakin berkurangan (Reichenbach-Klinke & Elkan 2013). Malah, kehadiran parasit ini turut menyebabkan berlakunya mutasi dan mengalami kecacatan secara fizikal (Goater et al. 2014)

dan secara tidak langsung akan menyukarkan anura untuk mencari makanan dan melarikan diri daripada pemangsa seperti burung dan ular.

Faktor prevalen parasit pada anura juga boleh menjejaskan keadaan kesihatan anura dan menjadi punca kematian (Hua et al. 2017). Anura dikenali sebagai perumah kepada pelbagai jenis protozoa, terutamanya parasit darah atau haemoparasit. Parasit yang terdapat pada katak tidak dipengaruhi oleh kawasan yang sama altitud, tetapi bergantung kepada tahap pencemaran di sesuatu kawasan (Suzanna et al. 2006). Lebih membimbangkan jangkitan parasit ini akan menyebabkan penurunan populasi katak, katak menjadi cacat dan kurang upaya untuk menangkap mangsa seperti serangga di sesuatu kawasan (Reichenbach-Klinke & Elkan 2013). Kesannya, sesetengah serangga iaitu vektor penyebar penyakit seperti nyamuk akan semakin bertambah di sesuatu persekitaran. Apabila populasi anura semakin berkurangan dalam sesuatu rantai makanan, populasi mangsa anura seperti nyamuk dan lalat akan bertambah. Mangsa anura tersebut adalah vektor bawaan penyakit yang boleh menyebabkan peningkatan bilangan kes penyakit seperti denggi, malaria dan zika (Benelli & Mehlhorn 2016).

Putrajaya ialah satu bandar pembangunan di dalam taman atau bandar hijau yang merangkumi kawasan seluas 4931 hektar tanah. Tasik yang terdapat di Putrajaya merupakan tasik buatan manusia yang bukan sahaja mempunyai nilai estetika, malah berfungsi untuk kegunaan sukan dan rekreasi yang boleh menarik minat pelancong dari dalam dan luar negara. Sumber air yang mengalir masuk ke tasik Putrajaya datang dari Sungai Chua, Sungai Bisa dan tiga lagi anak sungai. Sumber air yang pelbagai ini memerlukan proses penapisan air dan dapat dicapai dengan wujudnya Tanah Bencah Putrajaya. Tanah Bencah Putrajaya berfungsi sebagai penapis logam berat dan bahan pencemar lain serta mendakan butiran halus bagi mengurangkan sedimentasi di dalam tasik. Secara tidak langsung, Tanah Bencah Putrajaya juga berfungsi sebagai penahan banjir, kawasan pemuliharaan alam semula jadi, ekopelancongan dan rekreasi bagi pengunjung (Kadlec & Wallace 2008). Sumber takungan air di kawasan tasik Putrajaya ini datangnya dari kawasan yang pelbagai, yang menyebabkan perubahan kualiti air boleh berlaku. Sumber air yang melalui kawasan Tanah Bencah Putrajaya sebelum masuk ke tasik adalah berbeza kandungan kerana terdapat saluran yang melalui ladang ternakan, sisa domestik daripada pusat beli-belah dan juga kawasan penempatan. Pada tahun 2016, laporan menyatakan terdapat petanda awal

pencemaran air yang berlaku di kawasan tasik Putrajaya akibat daripada kegiatan aktiviti seharian manusia dan projek pembangunan (Norhayati et al. 2016). Kesemua sisa bahan pencemar ini boleh memasuki saluran air dan memberi impak negatif kepada flora dan fauna serta manusia yang menggunakan air tersebut.

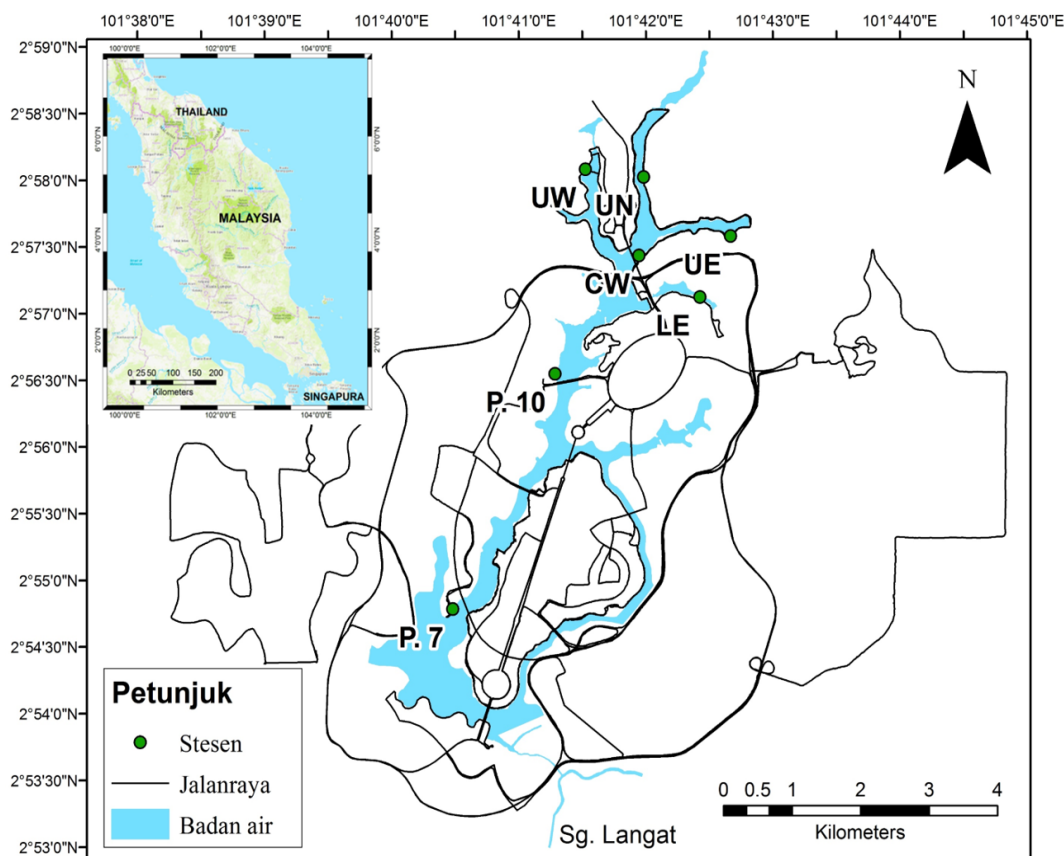
Haiwan amfibia seperti katak mudah ditemui di sekitar tasik dan tanah bencah. Kepelbagaian spesies anura di kawasan Putrajaya yang berstatus tasik buatan manusia adalah hampir setanding dengan beberapa tasik semula jadi di Malaysia (Norhayati et al. 2016). Bagaimanapun, penyelidikan semasa berkaitan dengan taburan parasit dalam katak di Malaysia masih sedikit dan tiada laporan kajian menunjukkan perkaitan taburan parasit, berat anura dengan indeks kualiti air (IKA) telah dijalankan di kawasan tasik dan Tanah Bencah Putrajaya

setakat ini. Justeru, kajian ini bertujuan untuk mengenal pasti kepelbagaian spesies anura, menentukan taburan parasit anura serta indeks kualiti air di kawasan tasik dan Tanah Bencah Putrajaya. Kepentingan kajian ini adalah untuk mendapatkan pengetahuan tentang parasit yang menjangkiti anuran, iaitu petunjuk penting ekosistem yang sihat dengan kepelbagaian populasi amfibia, serta untuk memelihara amfibia daripada kepupusan.

## BAHAN KIMIA DAN METOD

### KAWASAN KAJIAN

Lokasi kajian yang dipilih adalah tasik dan Tanah Bencah Putrajaya. Rajah 1 adalah peta kawasan persampelan di Putrajaya. Stesen persampelan adalah UW, UN, UE, LE, CW, P.7 dan P.10.



RAJAH 1. Peta kawasan kajian di tasik dan Tanah Bencah Putrajaya, Malaysia

#### PERSAMPELAN DAN PENGENALPASTIAN ANURA

Persampelan anura dijalankan pada bulan Januari 2018 sehingga Mac 2018 mengikut pecahan stesen tertentu pada jam 0830 hingga 1030 dan 2000 hingga 2345. Penangkapan anura dilakukan menggunakan tangan dan jaring sauk secara rawak di kawasan persampelan. Kaedah perangkap lubang juga digunakan bagi kawasan yang sukar untuk dimasuki. Kawasan utama penangkapan anura adalah di kawasan yang lembap dan berair. Anura yang telah ditangkap dimasukkan ke dalam plastik dan dilabelkan lokasi, tarikh dan masa penangkapan. Nomenklatur taksonomi adalah mengikut *Amphibian Species of the World 6.1* oleh *American Museum of Natural History* (<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/>), diakses pada 28 Februari 2022. Kajian ini telah dijalankan setelah mendapat kelulusan etika haiwan Universiti Kebangsaan Malaysia (UKMAEC: FST/2017/HANI/25-JAN./823-JAN.-2017-JUNE-2017-AR-CAT2).

#### PEMENCILAN DAN PENGENALPASTIAN SPESIES PARASIT ANURA

Panjang dan berat anura diukur dan direkod. Kemudian anura dimatikan menggunakan kaedah *pithing* dengan merosakkan otak anura menggunakan jarum tajam (Düşen & Yaka 2014). Anura dibedah dan organ-organ, iaitu usus, perut, rektum, hati dan paru-paru dasingkan ke dalam piring berasingan yang mengandungi larutan garam. Organ diletakkan di atas slaid kaca dan ditekan untuk mengurangkan gelembung udara. Penyediaan spesimen adalah menggunakan kaedah apusan langsung bagi memudahkan proses mencari parasit. Pergerakan dan spesies parasit diperhatikan dengan menggunakan mikroskop pembedahan. Jika tiada sebarang pergerakan, sedikit organ dihancurkan kemudian diletakkan di atas slaid kaca untuk mengesan kehadiran telur atau ova parasit. Spesimen diperhatikan dengan menggunakan mikroskop cahaya dengan pembesaran 100×, 400× dan 1000×. Kaedah ini diulang untuk kesemua organ anura. Bagi pengesanan cacing nematoda, trematoda dan plathelminthes, cacing yang ditemui dipindahkan ke dalam botol yang mengandungi larutan etil alkohol 70% dan 5% cecair gliserin. Kemudian, cacing diawet dengan 10% formalin dan disimpan di dalam botol. Parasit dan protozoa yang dijumpai diperhatikan ciri-ciri dan morfologi sebelum pengesanan spesies dijalankan. Setiap parasit dari filum dan kelas yang berbeza memerlukan teknik yang berbeza untuk pengesanan.

#### PENGUKURAN INDEKS KUALITI AIR

Persampelan air dijalankan sebanyak tiga kali iaitu pada bulan Januari 2018 sehingga Mac 2018. Kaedah ujian kualiti air dibahagikan kepada dua bahagian, iaitu kaedah *in situ* (kaedah ujian lapangan) dan *ex-situ* (kaedah ujian makmal). Parameter air yang digunakan bagi kaedah *in situ* adalah suhu, pH dan oksigen terlarut (DO) yang akan diukur menggunakan *yellow spring instrument (YSI)-multiparameter*. Parameter *ex-situ* adalah jumlah pepejal terampai (TSS), ammonia-nitrogen (NH<sub>3</sub>N), permintaan oksigen kimia (COD) dan permintaan oksigen biokimia (BOD). Sampel air dibawa balik ke makmal untuk kiraan indeks kualiti air (IKA) (DOE 2008). Sampel air yang diambil terus dijalankan ujian analisis (APHA 2005). Pengukuran permintaan oksigen kimia (COD), permintaan oksigen biokimia (BOD), ammonia nitrogen (NH<sub>3</sub>N) dan jumlah pepejal terampai (TSS) adalah menggunakan alat kalometri spektrofotometer HACH DR/2010. Bacaan yang tertera pada alat spektrofotometer direkodkan dan analisis data dijalankan. Formula bagi menentukan indeks kualiti air untuk menentukan tahap kualiti air di kawasan kajian adalah seperti berikut.

$$IKA = 0.22(\text{siDO}) + 0.19(\text{siBOD}) + 0.16(\text{siCOD}) + 0.15(\text{siNH}_3\text{N}) + 0.16(\text{siTSS}) + 0.12(\text{siPH})$$

si = subindeks

#### ANALISIS STATISTIK

Ujian korelasi digunakan untuk melihat hubung kait antara berat anura dan taburan parasit. Ujian Kruskal-Wallis digunakan untuk perbezaan taburan parasit antara dua kawasan yang berbeza. Ujian ANOVA dua hala juga dijalankan untuk melihat perbezaan antara parameter pencemaran air pada kawasan kajian. Indeks kepelbagaian biologi ini digunakan untuk menghitung kepelbagaian spesies anura di sekitar kawasan kajian.

$H' = -\sum p_i \ln p_i$ ;  $H'$  = Indeks kepelbagaian Shannon;  $p_i$  = Nisbah individu ditemui dalam spesies

#### KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Anura telah ditangkap di tujuh stesen yang berlainan iaitu UE, UW, UN, LE, CW, P.7 dan P.10 sebanyak 3 kali persampelan pada waktu malam. Secara keseluruhan, sebanyak 74 ekor katak daripada 5 famili dan 6 spesies katak telah ditangkap sepanjang tempoh persampelan antara bulan Februari 2018 hingga April 2018. Famili anura yang ditemui di kawasan kajian adalah Bufonidae sebanyak 28.4% (21 ekor), Ranidae sebanyak

10.8% (8 ekor), Dicroglossidae sebanyak 32.4% (24 ekor), Microhylidae sebanyak 12.2% (9 ekor) dan Rhacophoridae sebanyak 16.2% (12 ekor). Jadual 1 menunjukkan spesies anura dalam kajian ini dan kajian lepas oleh Norhayati et al. (2016). Kajian lepas telah

menemui 13 spesies anura di kawasan Putrajaya daripada 50 stesen persampelan secara keseluruhannya. Data perbandingan tangkapan spesies anura di antara kajian yang dijalankan pada tahun 2016 dan juga kajian ini yang dijalankan pada 2018.

JADUAL 1. Hasil tangkapan anura mengikut spesies di kawasan Putrajaya

No.	Famili	Kajian ini	Kajian Norhayati et al. (2016)
1	Bufonidae	<i>Duttaphrynus melanostictus</i>	<i>Duttaphrynus melanostictus</i>
2		-	<i>Ingerophrynus parvus</i>
3		<i>Fejervarya cancrivora</i>	<i>Fejervarya cancrivora</i>
4	Dicroglossidae	<i>Fejervarya limnocharis</i>	<i>Fejervarya limnocharis</i>
5		-	<i>Occidozyga laevis</i>
6		<i>Kaloula pulchra</i>	<i>Kaloula pulchra</i>
7	Microhylidae	-	<i>Microhyla butleri</i>
8		-	<i>Microhyla fissipes</i>
9		-	<i>Microhyla heymonsi</i>
10		<i>Hylarana erythraea</i>	<i>Amnirana nicobariensis</i>
11	Ranidae	-	<i>Hylarana erythraea</i>
12		-	<i>Pulchrana glandulosa</i>
13	Rhacophoridae	<i>Polypedates leucomystax</i>	<i>Polypedates leucomystax</i>

Spesies anura yang terdapat di setiap stesen persampelan adalah berbeza mengikut persekitaran, iaitu Bufonidae dan Rhacophoridae ditemui di hampir semua kawasan persampelan. Stesen P.7 mempunyai tangkapan katak paling banyak iaitu 16 ekor. Kebanyakan katak *Duttaphrynus melanostictus* yang berjaya ditemui dan ditangkap adalah berhampiran jalan raya dan di kawasan longkang. Spesies ini ditemui pada hampir kesemua lokasi persampelan kecuali di UE. Kawasan UN mencatatkan bilangan paling banyak iaitu 7 ekor. Katak Bufonidae sesuai untuk dijadikan sebahagian daripada penanda biologi terhadap sesuatu pencemaran kerana katak ini boleh hidup di kawasan Putrajaya walaupun terdapat aktiviti manusia.

Ranidae yang ditemui adalah *Hylarana erythraea* sebanyak 8 ekor. Kulit belakang adalah licin dan terdapat jalur kekuningan yang lebar bersambung dari sudut mata ke belakang hingga ke punggung pada kedua-dua sisi kulit belakang (Inger & Stuebing 2005). Katak ini ditemui di habitat air tawar yang terganggu, sukar untuk didekati mahupun ditangkap, oleh itu dalam kajian ini, penggunaan jaring sauk adalah sangat membantu menangkap katak. UW merupakan kawasan yang mempunyai paling banyak tangkapan Ranidae iaitu sebanyak 5 ekor. Katak Ranidae juga boleh dijadikan sebagai penunjuk biologi kepada pencemaran air kerana ketahanan katak untuk hidup walaupun dalam kualiti air terganggu (Clare & David 2017).



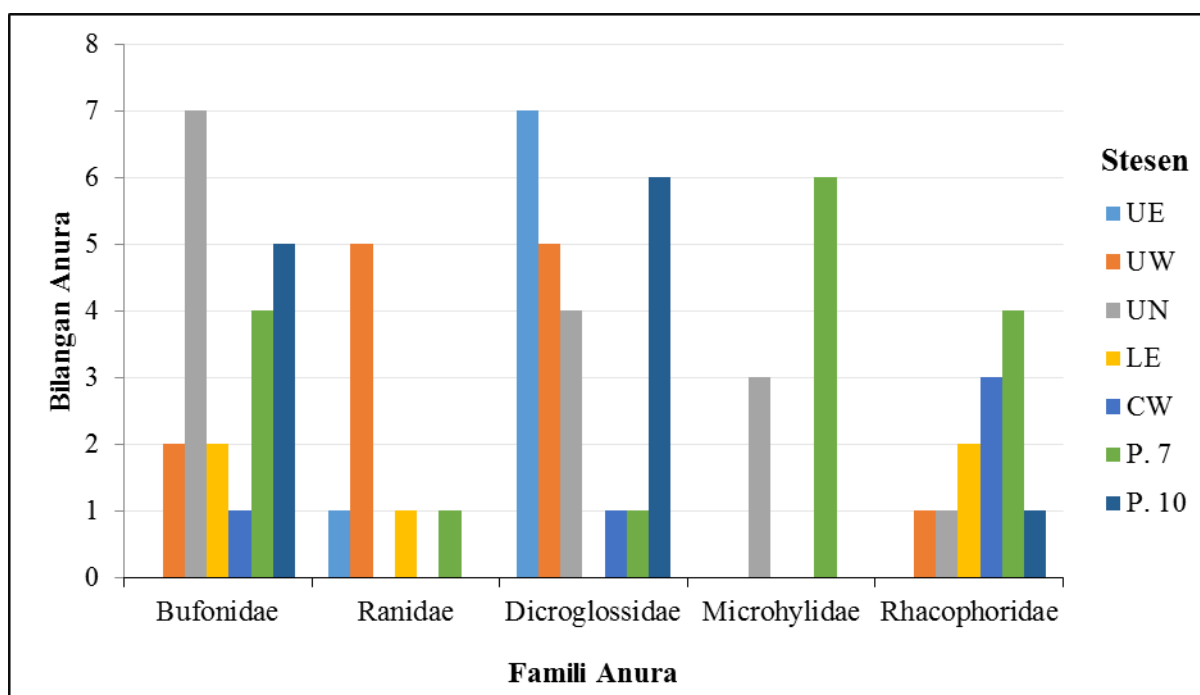
Katak daripada famili Dicroglossidae yang ditemui adalah *Fejervarya limnocharis* (13 ekor) atau lebih dikenali dengan nama tempatan Katak Kampung dan *Fejervarya cancrivora* (11 ekor) atau dikenali dengan nama tempatan Katak Paya Bakau. Jumlah keseluruhan tangkapan daripada famili Dicroglossidae adalah sebanyak 24 ekor. Katak Kampung mempunyai ciri seperti bersaiz kecil, berkepala panjang serta kecil, berbadan kurus dan berbentuk bujur. Telinga (timpanum) jelas kelihatan. Spesies ini berwarna coklat karat ke coklat kelabu pada permukaan atas, dengan bertompok-tompok hitam pada kulit belakang. Biasanya, ada corak berbentuk huruf 'U' atau 'W' di antara bahu (Inger & Stuebing 2005). Katak ini hidup di kawasan habitat yang terganggu dengan kegiatan manusia dan kehadiran parasit adalah tinggi pada katak ini kerana terdedah melalui kulit dan pemakanan di kawasan yang tercemar. Katak Paya Bakau pula mempunyai ciri bersaiz sederhana besar, bermuncung panjang dan kaki belakang yang berotot tebal serta kuat. Telinga jelas kelihatan. Katak ini berwarna coklat hingga kelabu dan bercorak gelap pada kulit belakang dan permukaan atas kaki. Terdapat jalur hitam di atas kepala di antara mata dan kaki belakang berbelang-belang. Katak jantan mempunyai warna gelap di bawah sudut rahang pada kulit. Sesetengah katak berbintik-bintik gelap pada dada dan perut (Inger & Stuebing 2005). Katak Paya Bakau ini hidup di habitat terganggu juga sebagai satu-satunya spesies katak dari Malaysia yang dapat bertoleransi di dalam habitat bersaliniti tinggi. Katak ini tidak dijumpai di kawasan LE kerana faktor muka bumi yang agak berpasir. Katak Kampung dan Katak Paya Bakau dari famili Dicroglossidae dapat dijumpai di beberapa stesen persampelan di Putrajaya (Clare & David 2017; Suzanna et al. 2006).

Anura daripada famili Microhylidae yang ditemui adalah *Kaloula pulchra* sebanyak 9 ekor dengan nama tempatan Katak Kembang Berbelang. Katak tersebut mempunyai ciri-ciri bersaiz badan gemuk gempal, badan bulat dengan muncung pendek dan bulat dan kaki yang pendek dan tebal dan hujung jarinya tumpul. Terdapat satu bonjolan berbentuk lunas kecil pada setiap tapak kaki, antara tumit dengan pangkal jari. Kulit menggerutu halus, berkutil cerah yang rendah, bertaburan pada permukaan belakang berdekatan dengan punggung. Kulit belakang berwarna coklat atau coklat tua dengan bintik-bintik gelap. Kebanyakan katak ada sebarisan bintik hitam yang kecil membentuk garisan pada pertengahan kulit belakang, dari atas kepala hingga dubur. Muncung di hadapan mata berwarna coklat muda, sedangkan warna

di sebelah bawah kepala ialah coklat tua. Kulit dada, perut dan sebelah bawah kaki mempunyai bintik-bintik coklat, yang kadangkala membentuk corak seperti jaringan (Inger & Stuebing 2005). Katak Kembang Berbelang hidup di kawasan yang terganggu dan boleh beradaptasi apabila musim kering dengan menyorok di celah timbunan daun atau di dalam longkang. Katak ini akan lebih banyak kelihatan selepas hujan. Hanya di kawasan P.7 dan UN sahaja katak ini ditemui dengan bilangan yang banyak. Di P.7, katak ini ditemui di celah akar timbul dan bersifat lambat untuk memberi respons jika terdapat pemangsa atau proses penangkapan. *Kaloula pulchra* adalah antara katak yang mudah ditemui di kawasan basah atau kering.

Anura daripada famili Rhacophoridae yang ditemui adalah *Polypedates leucomystax* atau dikenali nama tempatannya sebagai Katak Pokok Berjalur Empat sebanyak 12 ekor. Katak Pokok Berjalur Empat bersaiz kecil hingga sederhana besar, berbadan kurus dan berkaki belakang yang panjang serta kurus. Berkulit licin, kecuali satu kelim kecil yang melengkung di atas telinga. Spesies ini beraneka warna, daripada coklat muda pucat hingga coklat tua pada kepala, belakang dan kaki. Kebanyakan individu berjalur (berwarna gelap) empat pada kulit belakang, tetapi ada yang berbintik-bintik coklat. Spesies ini merupakan penghuni di habitat yang terganggu serta mudah dijumpai di merata-rata tempat termasuk di dalam rumah, tetapi jarang sekali memasuki hutan primer. Katak jantan berkumpul di kawasan air bertakung. Spesies ini ditemui pada hampir kesemua lokasi persampelan kecuali di UE. Kawasan P.7 mencatatkan bilangan paling banyak iaitu 4 ekor (Rajah 2).

Indeks kepelbagaian Shannon digunakan dalam menguji kepelbagaian spesies anura di setiap kawasan persampelan. Semakin besar nilai indeks Shannon bermaksud kawasan tersebut mempunyai kepelbagaian spesies anura yang semakin tinggi. Indeks kepelbagaian Shannon menunjukkan stesen UE adalah 0.9743, stesen LE adalah 1.055, stesen UN adalah 1.361, stesen UW adalah 1.479, stesen CW adalah 0.9503, stesen P.7 adalah 1.408 dan stesen P.10 adalah 1.265. UE dan CW mempunyai taburan kepelbagaian spesies yang rendah yang mempunyai nilai indeks yang kurang daripada satu berbanding pada kawasan lain, bermaksud kepelbagaian spesies adalah sederhana (indeks < 1: kepelbagaian rendah dan indeks 1-3: kepelbagaian sederhana). Kepelbagaian anura di kawasan Putrajaya secara puratanya adalah sederhana. Bagi kelimpahan spesies anura pada setiap kawasan diuji dengan



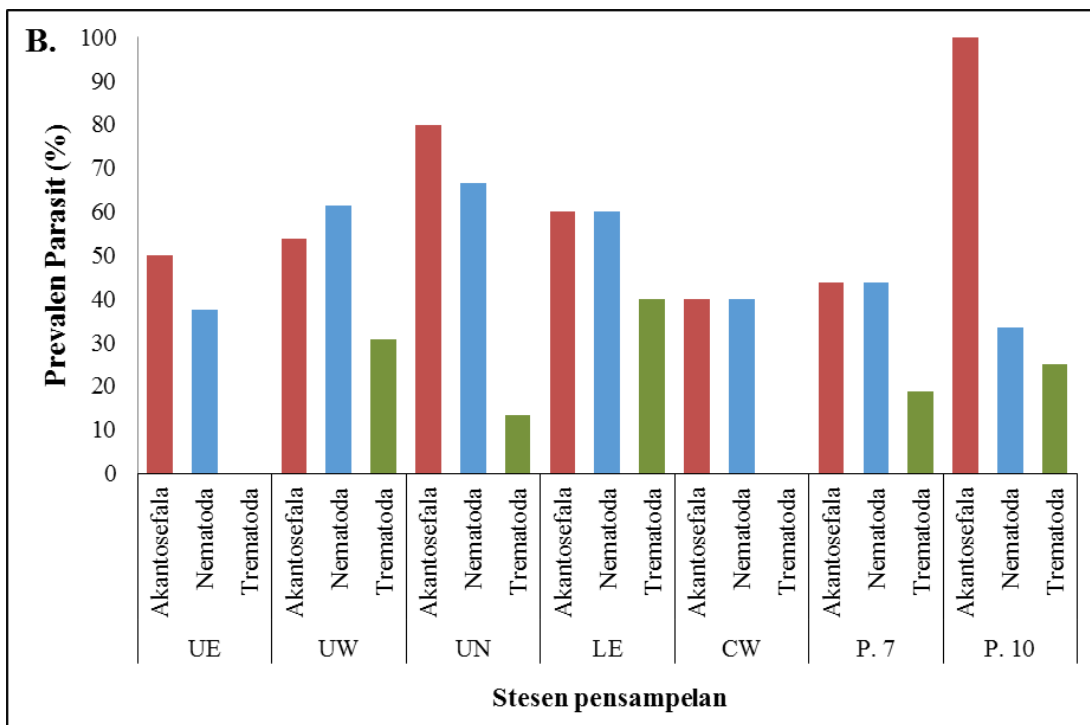
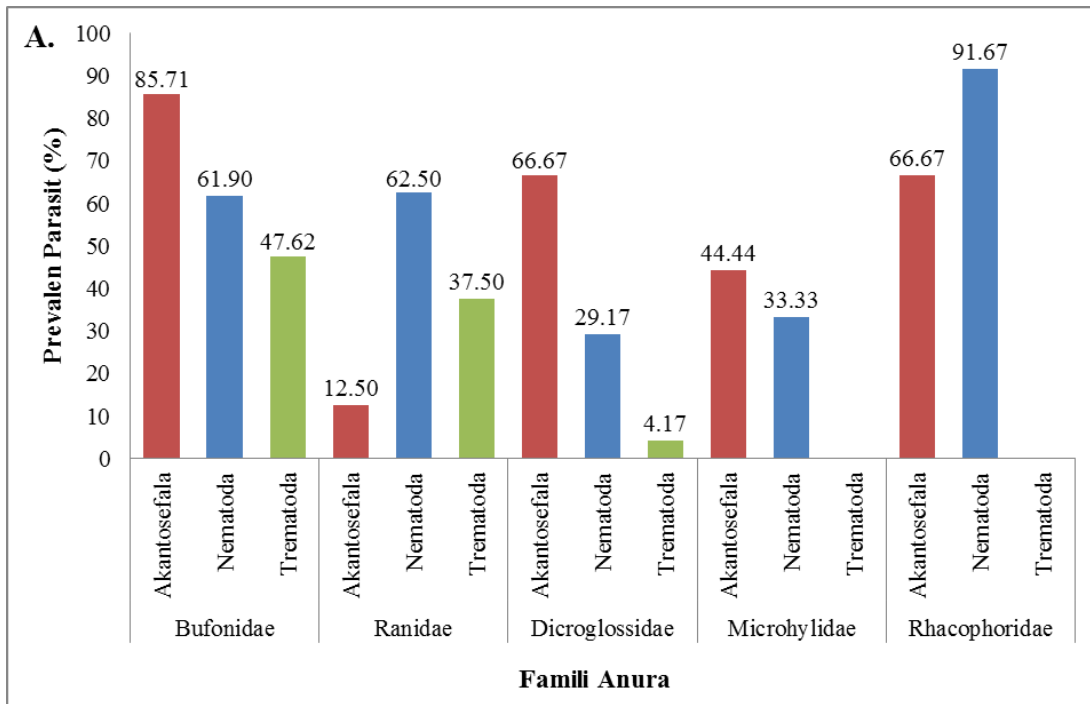
RAJAH 2. Bilangan anura yang ditangkap mengikut famili anura dan stesen persampelan (UE, UW, UN, LE, CW, P.7 dan P.10) di kawasan Putrajaya

menggunakan ujian Kruskal-Wallis dan tiada perbezaan yang signifikan  $X^2=7.682$ ;  $df = 6$ ;  $p>0.05$ . Oleh kerana Putrajaya adalah tasik buatan manusia, anura yang hadir adalah hasil dari migrasi kawasan lain.

Sebanyak 2437 ekor parasit telah ditemui pada keseluruhan 74 ekor katak yang telah dibedah dalam kajian ini. Perincian daripada itu, sebanyak 863 ekor akantosefala, 973 ekor nematoda dan 601 ekor trematoda yang ditemui pada keseluruhan organ. Pada Rajah 3 menunjukkan peratus prevalen parasit dalam kajian ini. Sebanyak 86.5% katak di kawasan Putrajaya telah dijangkiti parasit daripada keseluruhan 74 ekor katak. Sebanyak 63.5% katak yang dijangkiti dengan parasit akantosefala. Jangkitan parasit nematoda pada anura adalah hampir seimbang iaitu 52.7% (39 ekor) dijangkiti dan 47.3% (35 ekor) tidak dijangkiti. Majoriti katak di kawasan Putrajaya adalah tidak dijangkiti dengan nematoda dengan peratusan 81.1%. Hanya 14 ekor katak sahaja yang ditemui dengan kehadiran nematoda. Sebanyak 14 ekor katak dijangkiti trematoda (18.9%). Secara keseluruhan, Bufonidae mempunyai prevalen parasit tertinggi bagi keseluruhan jumlah parasit yang menjangkiti katak. Manakala, Microhylidae dan Rhacophoridae tiada trematoda di dalam organ. Katak

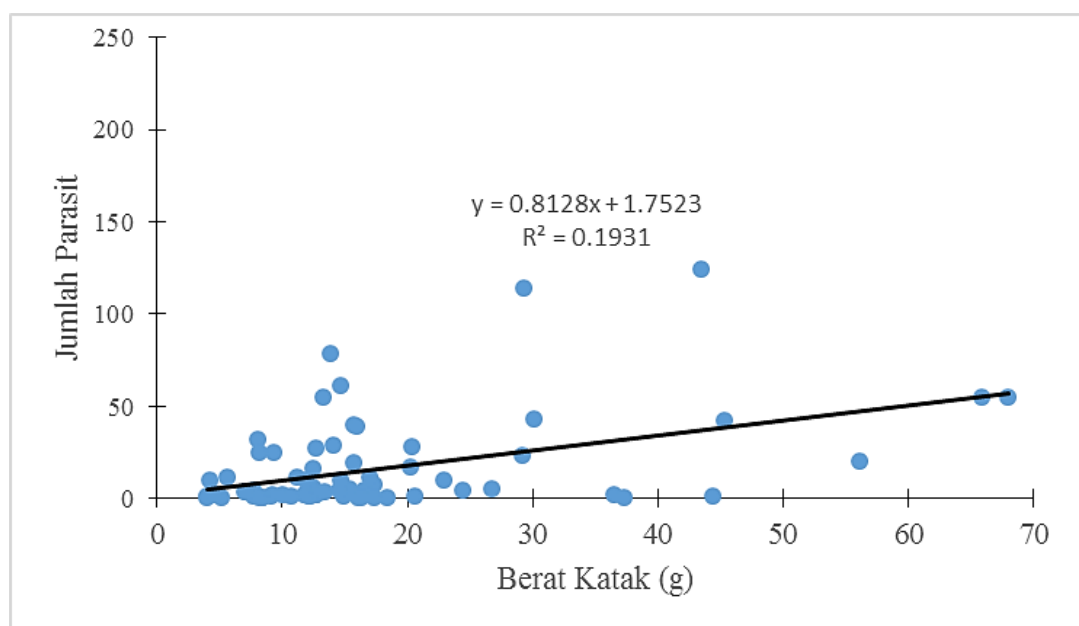
Rhacophoridae mempunyai prevalen nematoda tertinggi iaitu melebihi 90%. Rajah 3 menunjukkan peratus jangkitan parasit akantosefala pada lokasi persampelan P.10 adalah maksimum dengan kesemua katak dari lokasi adalah positif dijangkiti parasit akantosefala. Manakala di kawasan UE dan CW, tiada trematoda ditemui.

Data menunjukkan kesemua kawasan mempunyai bilangan parasit yang tinggi dalam organ usus, diikuti dengan rektum. Organ yang paling banyak dijangkiti oleh parasit adalah usus, diikuti dengan rektum dan saluran pemakanan. Hanya katak di kawasan CW sahaja yang mempunyai kehadiran parasit dalam organ buah pinggang. Perut, usus dan rektum adalah organ pencernaan makanan katak dan dominan dengan parasit hampir di setiap kawasan kecuali UW yang tiada jangkitan parasit ditemui pada perut katak. Paru-paru adalah organ yang berfungsi dalam pernafasan dan hanya sedikit parasit dalam organ tersebut. Rajah 4 menunjukkan terdapat korelasi positif yang lemah di antara berat katak dengan jumlah keseluruhan parasit yang ditemui pada katak. Nilai kekuatan korelasi adalah sebanyak  $r = 0.439$ . Tiada korelasi yang signifikan ( $X^2= 7.682$ ;  $df = 6$ ;  $p>0.05$ ) antara taburan parasit di antara stesen persampelan UE, UW, UN, LE, CW, P. 7 dan P.10 di kawasan Putrajaya.



RAJAH 3. (A) Peratus prevalen parasit (%) mengikut famili anura di kawasan Putrajaya, (B) Peratus prevalen parasit (%) mengikut stesen persampelan (UE, UW, UN, LE, CW, P.7, dan P.10) di Putrajaya





RAJAH 4. Korelasi berat anura terhadap jumlah parasit yang dijangkiti

Data *ex-situ* dan *in situ* kualiti air di stesen persampelan Putrajaya telah diuji dan dianalisis. Bacaan purata pH untuk tiga kali persampelan di kawasan UE, UW, UN, LE, CW, P.7, P.10 masing-masing adalah 6.60, 6.66, 6.62, 6.95, 7.41, 8.10 dan 7.94. Terdapat perubahan pH di antara kawasan UE, UW, UN, LE iaitu sedikit berasid berbanding dengan kawasan CW, P.7 dan P.10 yang lebih beralkali. Purata bagi kesemua bacaan pH adalah sekitar 6 hingga 8. Purata bacaan BOD untuk tiga kali persampelan di kawasan UE, UW, UN, LE, CW, P.7, P.10 masing-masing adalah 1.72 mg/L, 1.95 mg/L, 2.68 mg/L, 2.44 mg/L, 1.48 mg/L, 2.12 mg/L dan 1.71 mg/L. Bacaan BOD tertinggi dicatatkan pada bacaan melebihi 3.0 mg/L di kawasan UW dan UN pada persampelan ketiga dibandingkan dengan bacaan BOD terendah adalah sekitar 0.3 mg/L di kawasan CW dan P. 10. Kawasan LE mempunyai bacaan BOD yang hampir sama pada setiap kali persampelan. Purata bacaan ammonia nitrogen ( $\text{NH}_3\text{N}$ ) untuk tiga kali persampelan di kawasan UE, UW, UN, LE, CW, P.7, P.10 masing-masing adalah 0.64, 0.17, 0.53, 0.43, 0.14, 0.10 dan 0.12 mg/L. Purata bacaan ammonia nitrogen bagi ketiga-tiga persampelan untuk kawasan UW, CW, P.7, dan P.10 adalah kurang daripada 0.3 mg/L. Kandungan ammonia di kawasan yang belum terawat iaitu di UE, UN, dan LE adalah lebih tinggi berbanding di kawasan yang telah terawat, UW, CW, P.7 dan P.10. Purata bacaan DO untuk tiga kali persampelan

di kawasan UE, UW, UN, LE, CW, P.7, P.10 masing-masing adalah 32.04, 45.53, 29.68, 32.69, 70.13, 85.35 dan 95.07 %. Bacaan DO tertinggi adalah 107% pada persampelan kedua di kawasan P.10. Purata bacaan COD untuk tiga kali persampelan di kawasan UE, UW, UN, LE, CW, P.7, P.10 masing-masing adalah 19.33, 9.34, 15.67, 13.22, 13.11, 24.89 dan 11.67 mg/L. Bacaan COD pada persampelan ketiga di P.7 adalah tertinggi iaitu 46 mg/L. Bacaan COD pada lokasi UW adalah hampir sama pada setiap kali persampelan dijalankan. Purata bacaan TSS untuk tiga kali persampelan di kawasan UE, UW, UN, LE, CW, P.7, P.10 masing-masing adalah 21.33 mg/L, 4.89 mg/L, 7.89 mg/L, 17.77 mg/L, 6.00 mg/L, 6.11 mg/L dan 6.11 mg/L. Bacaan purata TSS tertinggi di kawasan UE pada persampelan ketiga iaitu 33.6 mg/L. Manakala bagi kawasan P.7, P.10 dan CW, bacaan TSS adalah sekata pada setiap kali persampelan.

Bacaan pH di kawasan tasik dan Tanah Bencah Putrajaya tidak mempunyai perbezaan yang besar dan boleh dikelaskan sebagai ideal kerana berada pada bacaan pH yang bersifat tidak berasid ( $\text{pH} > 5.5$ ) (Seelig 2006). Bacaan pH di kawasan tasik dan Tanah Bencah Putrajaya adalah bersifat kelas I. Menurut kajian lepas, pH tidak mempunyai kaitan dengan jumlah parasit yang ditemui pada seseekor katak (Rahman & Shakinah 2015). Tumbuhan akuatik di kawasan Tanah Bencah Putrajaya memainkan peranan yang besar di dalam penapisan dan

penambahbaikan kualiti air terutamanya pada bahagian akar yang membantu pemendakan bahan pepejal terampai di dalam air (Mayes et al. 2009). Jumlah pepejal terampai yang terdapat di dalam air di kawasan Putrajaya adalah rendah disebabkan faktor tumbuhan yang ditanam dan penciptaan tanah benchah yang sememangnya berfungsi untuk menahan mendakan daripada terus masuk ke kawasan tasik. Bacaan TSS menjadi tinggi sekiranya terdapat banyak jumlah pepejal terampai yang terdapat pada air. Di kawasan UE dan LE, bacaan pepejal terampai adalah tinggi oleh kerana terdapatnya projek pembinaan yang sedang giat dijalankan berdekatan sumber air, walaupun telah dibina perangkap pasir di kawasan terbabit. Manakala bagi kawasan P.7 dan P.10, air jernih kelihatan hingga ke dasar tasik. Bacaan BOD akan menjadi tinggi apabila semakin banyak mikroorganisma yang memerlukan oksigen untuk menjalankan aktiviti seperti penguraian bahan organik dalam keadaan aerobik. Kehadiran bahan toksik dalam air boleh menyebabkan nilai BOD rendah kerana ia berupaya mengurangkan mikroorganisma dalam air (Chapman 2021). Apabila tahap BOD adalah tinggi, tahap DO akan menurun kerana oksigen yang terdapat di dalam air yang diperlukan oleh bakteria. Oleh kerana kurang oksigen terlarut yang terdapat di dalam air, ikan dan organisma akuatik lain mungkin tidak dapat bertahan. Oleh itu, adalah sejajar dengan hasil kajian, DO menjadi tinggi di kawasan yang telah terawat seperti di P.7 dan P.10 jika dibandingkan dengan hasil DO di kawasan yang belum terawat seperti di tanah benchah. Kandungan oksigen terlarut ini juga penting bagi memastikan aktiviti mikrob dan struktur komuniti di sesuatu kawasan adalah berterusan, malah DO menjadi salah satu parameter penting dalam menentukan tahap pencemaran di suatu kawasan (Liu et al. 2016).

Secara keseluruhan, hasil DO dalam kajian ini semakin meningkat sejajar dengan keadaan air yang telah terawat. Bacaan COD akan lebih tinggi berbanding BOD kerana COD menunjukkan jumlah keseluruhan bahan organik yang ada di dalam air atau lebih banyak bahan kumpulan organik yang akan bertindak balas (Kadlec & Wallace 2008). Kesemua kandungan COD pada setiap persampelan adalah lebih tinggi daripada nilai BOD. Ammonia nitrogen di UE, UN dan LE antara yang tertinggi bacaan yang diperolehi berbanding kawasan lain di sekitar Putrajaya, faktor pelepasan air sisa industri, sistem kumbahan yang tidak sistematik, penggunaan baja kimia yang berlebihan boleh menjadi sebab ammonia nitrogen menjadi tinggi di sesuatu kawasan (Adesuyi et al. 2015). Kandungan ammonia nitrogen pada P.10, P.7 dan CW menunjukkan pengurangan yang tinggi berbanding kawasan yang belum terawat lain.

Indeks kualiti air (IKA) adalah pengelasan tahap kualiti air di sesuatu kawasan diukur berdasarkan panduan Jabatan Alam Sekitar (DOE) iaitu kelas I sehingga V. Nilai subindeks (SI) ditentukan melalui pengiraan formula IKA yang khusus dan mewakili kelas tertentu bagi setiap parameter yang ditafsirkan dalam Jadual 2. Berdasarkan status pencemaran oleh DOE, jumlah markah SI 100-81 adalah bersih, 80-61 adalah sederhana, 60-10 adalah tercemar dan markah SI kurang dari 10 adalah sangat tercemar (DOE 2008). IKA di Malaysia dipecahkan kepada kelas tertentu mengikut tahap kualiti air, kelas I merujuk kepada sumber air tidak perlu dirawat, kelas IIA merujuk kepada rawatan air biasa adalah diperlukan dan boleh dijadikan sumber air minuman, serta mempunyai spesies hidupan yang sensitif kepada perubahan kualiti air. Seterusnya, kelas IIB pula boleh digunakan sebagai sumber bekalan air, tetapi memerlukan rawatan konvensional. Kelas III pula merujuk kepada rawatan lebih lanjut diperlukan sebelum dijadikan sumber air minuman dan haiwan akuatik yang hidup di kawasan ini, kebiasaannya adalah tidak sensitif kepada pencemaran. Bagi kelas IV, air biasa digunakan untuk tujuan pertanian dan saliran. Kelas V pula adalah air sangat kotor bertujuan selain aktiviti yang telah disebutkan tadi seperti tujuan melombong.

Bagi keseluruhan kawasan tasik dan Tanah Benchah Putrajaya, status indeks kualiti air adalah bersih dan sederhana. Kawasan CW, P.7 dan P.10 merupakan kawasan yang mempunyai kualiti air bersih (kelas IIA). Manakala kawasan UE, UW, UN dan LE mewakili kawasan Tanah Benchah Putrajaya yang berstatus air belum terawat sepenuhnya mempunyai kualiti air kelas III dan kelas IIB. Air di kawasan tasik dan CW berstatus bersih manakala di kawasan Tanah Benchah Putrajaya mempunyai status sederhana kecuali pada UW. Kualiti air di kawasan yang belum terawat UE, UW, UN dan LE berada pada kelas IIB dan III menunjukkan indeks yang lebih rendah berbanding kawasan yang telah terawat iaitu CW, P.7 dan P.10 yang kesemuanya tergolong dalam indeks kelas IIA. IKA yang paling rendah dicatatkan di kawasan LE yang secara puratanya berada di dalam kelas III. Kawasan P.10 pula adalah kawasan Tasik Putrajaya yang mempunyai purata IKA kelas IIA (nilai IKA=91.33) menghampiri IKA kelas I (nilai IKA>92.7). Terdapat trend positif membuktikan keberkesanan fungsi tanah benchah sebagai penapis bahan pencemar (Kadlec & Wallace 2008) di kawasan Putrajaya. Ini dapat dilihat di kawasan tanah benchah (UE, UW, UN dan LE) adalah belum terawat sepenuhnya mempunyai bacaan IKA yang rendah manakala bagi kawasan CW, P.7 dan P.10 mengandungi air yang telah terawat mempunyai bacaan

IKA lebih tinggi. Hasil kajian menunjukkan sistem tanah bencah yang dicipta berfungsi dengan sangat baik melalui kaedah fitoremedasi, iaitu penggunaan tumbuhan akuatik sebagai agen penyerap ion ammonia yang seterusnya

mengurangkan jumlah nitrogen, hal ini bagi mengawal kadar ammonia nitrogen yang terdapat di dalam badan air dengan kadar penyerapan 90% hingga 100% (Kinidi et al. 2017).

JADUAL 2. Bacaan purata indeks kualiti air bagi setiap kawasan

Kawasan	Persampelan	SiDO	SipH	SiBOD	SiCOD	SiAN	SiSS	IKA	Kelas
P.10	1	96.64	97.32	98.88	81.81	82.30	94.12	92	IIA
	2	100.00	82.42	89.71	91.12	90.00	94.12	92	IIA
	3	95.96	92.25	90.97	77.82	90.70	93.34	90	IIA
P. 7	1	100.00	94.85	93.94	67.81	85.80	93.92	90	IIA
	2	72.38	78.03	90.01	95.11	91.75	93.92	86	IIA
	3	100.00	92.11	90.33	48.19	91.40	93.73	87	IIA
CW	1	79.29	99.31	99.09	73.63	78.80	93.54	87	IIA
	2	55.44	96.40	90.32	87.57	90.35	93.92	84	IIB
	3	93.88	93.52	92.98	87.57	87.90	94.31	92	IIA
LE	1	22.31	96.97	90.39	73.63	62.97	84.61	68	III
	2	10.29	99.24	89.71	86.69	65.99	89.21	69	III
	3	44.96	96.93	90.14	86.24	67.76	88.30	77	IIB
UN	1	25.75	97.26	93.63	70.47	65.87	92.96	71	III
	2	3.52	98.37	89.35	91.12	70.25	93.15	70	III
	3	40.11	97.97	84.26	75.60	52.10	92.39	71	III
UW	1	31.53	99.17	96.72	86.24	78.10	94.90	78	IIB
	2	46.76	97.26	93.93	88.90	82.65	94.31	82	IIB
	3	50.80	97.65	85.76	84.91	84.40	94.51	81	IIB
UE	1	25.00	97.60	92.46	63.81	61.45	94.90	69	III
	2	27.87	98.02	92.01	86.24	66.87	83.08	72	III
	3	18.90	97.73	94.86	73.83	49.03	79.34	69	III

Agen utama transmisi atau medium bagi parasit pada katak adalah melalui air (Rahman & Shakinah 2015). Oleh itu, katak menjadi perumah kepada semua kumpulan utama parasit seperti akantosefala, nematoda, kestoda, protozoa dan trematoda dan terdedah kepada jangkitan parasit ini apabila katak berinteraksi dengan badan air di kawasan tersebut. Nematoda mempunyai kitaran hidup yang lebih langsung dengan cara membiak yang lebih banyak pilihan sama ada pada tanah lembap

atau pada tubuh haiwan itu sendiri dengan menjangkiti katak tersebut (Timothy et al. 2014). Akantosefala pula sememangnya banyak menjangkiti haiwan daratan dan akuatik, oleh itu untuk menjangkiti haiwan di daratan, akantosefala berevolusi melalui kitaran hidup dengan menjadikan serangga sebagai perumah pada peringkat pertengahan (Timothy et al. 2014). Sekiranya suatu jenis katak tersebut memilih serangga tertentu untuk dimakan, katak kurang berpotensi untuk dijangkiti parasit

akantosefala. Antara faktor lain yang menyebabkan akantosefala menjangkiti katak adalah jumlah logam yang terkumpul di dalam suatu organ katak akibat daripada pendedahan air yang tidak bersih, mengakibatkan parasit akantosefala lebih berpotensi untuk banyak membiak pada organ tersebut (Sures et al. 2017). Parasit trematoda menjangkiti katak sejak peringkat berudu dan terus memasuki organ katak melalui insang sehingga katak tersebut membesar. Parasit ini akan berpindah ke bahagian organ usus dan apabila tiba tempoh matang trematoda untuk membiak, parasit menjangkiti telur katak semasa pensenyawaan (Reichenbach-Klinke & Elkan 2013). Pembiakan trematoda adalah secara perlahan di sesetengah kawasan, memandangkan kawasan Putrajaya adalah kawasan tasik buatan manusia yang sedang mengalami kestabilan fauna. Peratus trematoda menjangkiti katak melalui pembiakan adalah rendah serta perbezaan sumber kualiti air yang memasuki setiap kawasan air turut memberi kesan. *Ribeiroia ondatrae* adalah spesies trematoda yang menjangkiti perumah seperti katak, mengurangkan potensi berudu untuk terus hidup serta menyebabkan katak yang lahir bersifat abnormal atau cacat (Reichenbach-Klinke & Elkan 2013). Oleh itu, kehadiran parasit dan penurunan kualiti air boleh dijadikan antara punca kepelbagaian anura di kawasan Putrajaya semakin berkurangan berbanding tahun 2016.

Korelasi berat anura terhadap parasit dalam kajian ini menunjukkan trend yang positif walaupun lemah. Ini disokong dengan punca jangkitan parasit melalui pemakanan katak (Timothy et al. 2014), iaitu semakin besar saiz katak tersebut, semakin banyak katak tersebut akan makan. Kelimpahan taburan parasit pada anura di setiap kawasan diuji dengan menggunakan ujian Kruskal-Wallis mendapat hasil seperti berikut ( $X^2 = 9.28$ ;  $df = 6$ ;  $p > 0.05$ ) antara taburan parasit di antara UE, UW, UN, LE, CW, P.7 dan P.10. Oleh itu, tiada perbezaan signifikan antara taburan parasit anura pada setiap kawasan dan kajian ini membenarkan hipotesis yang menyatakan bahawa taburan parasit antara anura di setiap kawasan adalah tidak berbeza. Indeks kualiti air bagi kesemua stesen di Putrajaya adalah pada tahap bersih dan sederhana bersih, bagaimanapun, tiada perbezaan signifikan taburan parasit yang wujud pada anura di kesemua stesen Putrajaya. Kawasan CW, P.7 dan P.10 merupakan kawasan yang mempunyai kualiti air bersih (kelas IIA), tetapi bilangan taburan parasit yang ditemui pada anura adalah hampir sama dengan kawasan UE dan UN yang sederhana bersih (kelas III). Oleh itu, taburan parasit ini adalah tidak dipengaruhi oleh spesies katak

dan indeks kualiti air di sesuatu kawasan tersebut. Keputusan kajian ini adalah hampir sama dengan kajian lepas seperti di Bukit Fraser, kelab golf UKM Danau dan Sungai Jeriau yang menunjukkan prevalen protozoa dan hemoparasit tidak dipengaruhi oleh spesies anura dan indeks kualiti air pada lokasi tersebut. Ini terbukti bahawa kelab golf UKM Danau mempunyai indeks kualiti air terendah, kelas III dan mempunyai paling banyak spesies anura serta prevalen hemoparasit paling tinggi.

#### KESIMPULAN

Kesimpulannya, indeks kualiti air tidak memberi kesan kepada kepelbagaian anura dan prevalen parasit di kawasan tasik dan Tanah Bencah Putrajaya. Tiada perbezaan signifikan antara taburan parasit pada setiap stesen persampelan di Putrajaya, iaitu taburan parasit antara anura di setiap stesen adalah hampir sama. Hasil kajian ini menyumbang kepada kefahaman tentang faktor penambahbaikan dan pemuliharaan ekosistem, kemandirian anura serta mencegah kemusnahan habitat haiwan akibat sumber air kotor dan pencemaran.

#### PENGHARGAAN

Penyelidikan ini dibiayai oleh geran daripada Kementerian Pengajian Tinggi (FRGS/1/2019/STG03/UKM/03/2). Kami juga ingin mengucapkan terima kasih kepada kakitangan di Jabatan Sains Bumi dan Alam Sekitar, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia kerana membantu penyelidikan ini.

#### RUJUKAN

- Adesuyi, A.A., Nnodu, V.C., Njoku, K.L. & Jolaoso, A. 2015. Nitrate and phosphate pollution in surface water of Nwaja Creek, Port Harcourt, Niger Delta, Nigeria. *International Journal of Geology, Agriculture and Environmental Sciences* 3(5): 14-20.
- Alford, R.A. & Richards, S.J. 1999. Global amphibian declines: A problem in applied ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30(1): 133-165.
- APHA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. 21st ed. Washington: American Public Health Association.
- Benelli, G. & Mehlhorn, H. 2016. Declining malaria, rising of dengue and Zika virus: insights for mosquito vector control. *Parasitology Research* 115(5): 1747-1754.
- Bernardo-Cravo, A.P., Schmeller, D.S., Chatzinotas, A., Vredenburg, V.T. & Loyau, A. 2020. Environmental factors and host microbiomes shape host-pathogen dynamics. *Trends in Parasitology* 36(7): 616-633.

- Blaustein, A.R., Urbina, J., Snyder, P.W., Reynolds, E., Dang, T., Hoverman, J.T., Han, B., Olson, D.H., Searle, C. & Hambalek, N.M. 2018. Effects of emerging infectious diseases on amphibians: A review of experimental studies. *Diversity* 10(3): 81.
- Ceballos, G., Ehrlich, P.R. & Dirzo, R. 2017. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(30): E6089-E6096.
- Chapman, D. 2021. *Water Quality Assessments: A Guide to the Use Of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Boca Raton: CRC Press.
- Clare, H. & David, R. 2017. *Global Health and Geographical Imaginaries*. Taylor & Francis.
- Collins, J.P. & Storfer, A. 2003. Global amphibian declines: Sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions* 9(2): 89-98.
- DOE. 2008. *Malaysia Environmental Quality Report 2007*. Department of Environment. Putrajaya: Ministry of Natural Resources and Environment.
- Dorcas, M.E., Dorcas, M. & Gibbons, W. 2011. *Frogs: The Animal Answer Guide*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Düşen, S. & Yaka, H. 2014. Helminths of the eastern tree frog, *Hyla orientalis*, Bedriaga, 1890 (Anura: Hylidae), collected from Denizli province, inner-west Anatolia Region, Turkey. *Helminthologia* 51(1): 37-45.
- Goater, T.M., Goater, C.P. & Esch, G.W. 2014. *Parasitism: The Diversity and Ecology of Animal Parasites*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kadlec, H.R. & Wallace, S. 2008. *Treatment Wetlands*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press.
- Hayes, T.B., Falso, P., Gallipeau, S. & Stice, M. 2010. The cause of global amphibian declines: A developmental endocrinologist's perspective. *Journal of Experimental Biology* 213(6): 921-933.
- Hua, J., Wuerthner, V.P., Jones, D.K., Mattes, B., Cothran, R.D., Relyea, R.A. & Hoverman, J.T. 2017. Evolved pesticide tolerance influences susceptibility to parasites in amphibians. *Evolutionary Applications* 10(8): 802-812.
- Inger, R.F. & Stuebing, R.B. 2005. *A Field Guide to the Frogs of Borneo*. 2nd ed. Natural History Publications (Borneo) in association with Science and Technology Unit.
- Kinidi, L., Salleh, S., Wahab, N., Wei, T., Rahman, N. & Atan, M. 2017. Ammoniacal nitrogen uptake by macrophytes with phytoremediation. *Research & Reviews: Journal of Engineering and Technology* 6(1): 28-35.
- Liu, H., Hu, Z., Zhang, J., Ngo, H.H., Guo, W., Liang, S., Fan, J., Lu, S. & Wu, H. 2016. Optimizations on supply and distribution of dissolved oxygen in constructed wetlands: A review. *Bioresource Technology* 214: 797-805.
- Mayes, W.M., Batty, L.C., Younger, P.L., Jarvis, A.P., Kõiv, M., Vohla, C. & Mander, U. 2009. Wetland treatment at extremes of pH: A review. *Science of the Total Environment* 407(13): 3944-3957.
- Norhayati, A., Nurul Ain, N., Farhah, I., Isma Nabila, Z., Nur Iddiana, I. & Daicus, B. 2016. Distribution of anurans in urban wetland at Putrajaya, Malaysia. *Malayan Nature Journal* 68(3): 63-72.
- Rahman, W.A. & Shakinah, Z. 2015. Influence of some environmental parameters on some frog populations and their parasitic fauna. *Journal of Veterinary Science and Technology* 6(3): 227-231.
- Reichenbach-Klinke, H. & Elkan, E. 2013. *The Principal Diseases of Lower Vertebrates*. Elsevier.
- Seelig, B. 2006. *Water Quality and Wetland Function in the Northern Prairie Pothole Region*. <http://region8water.colostate.edu/PDFs/Wave%20Papers/wq1313.pdf>
- Simon, E., Puky, M., Braun, M. & Tóthmérész, B. 2011. Frogs and toads as biological indicators in environmental assessment. Chapter 7. In *Frogs: Biology, Ecology and Uses*, edited by Murray, J.L. New York: Nova Science Publishers Inc. hlm. 141-150.
- Sures, B., Nachev, M., Selbach, C. & Marcogliese, D.J. 2017. Parasite responses to pollution: What we know and where we go in 'Environmental Parasitology'. *Parasites & Vectors* 10(1): 1-19.
- Suzanna, E., Satrija, F., Kusriani, M.D. & Fania, D. 2006. Identifikasi nematoda gastrointestinal pada katak *Fejervarya cancrivora* dan *Limnonectes macrodon* di Wilayah Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *Media Konservasi* 11(1): 21-25.
- Timothy, M.G., Cameron, P.G. & Gerald, W.E. 2014. *Parasitism: The Diversity and Ecology of Animal Parasites*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Trocchia, S., Labar, S., Abdel Gawad, F.K., Rabbito, D., Ciarcia, G. & Guerriero, G. 2015. Frog gonad as bio-indicator of Sarno River health. *Journal of Scientific and Engineering Research* 6(1): 449-456.

\*Pengarang untuk surat-menyurat; email: hani\_ag@ukm.edu.my