

**Keragaman Jenis Kodok Pegunungan Mekongga, Sulawesi Tenggara, Indonesia, dan Catatan Suara Sebagai Pembeda Jenis
(Frogs Diversity of the Mekongga Mountains, Southeast Sulawesi, Indonesia, and Notes on Vocally Distinct Species)**

Hellen Kurniati & Wahyu Tri Laksono

Bidang Zoologi, Puslit Biologi, LIPI, Gedung Widiasatwaloka-LIPI, Jalan Raya Cibinong Km 46, Cibinong 16911, Jawa Barat, Indonesia. Email: hkurniati@yahoo.com

Memasukkan: Desember 2020, **Diterima:** Februari 2021

ABSTRACT

Frog species diversity of Mekongga Mountains, Southeast Sulawesi has never been published yet. Results of biodiversity exploration in 2010 and 2011 found 18 species of frog along the mountain at elevation 400 m to 2500 m asl. Of 18 frog species, seven are valid species, while 11 species are still in the process of description. Seventeen species endemic to Sulawesi and only one species is not endemic, it is *Kaloula baleata*; six species have wide distribution, they are *Ingerophrynus celebensis*, *Oreophryne variabilis*, *Hylarana mocquardii*, *Occidozyga semipalmata*, *Polypedates iskandari* and *Rhacophorus edentulus*; while most of the species that have been described were also found in central part of Sulawesi. *Oreophryne* sp. which found on elevation 2500 m ASL is the only one endemic species to Mekongga Mountains. Along elevation 400 m to 2500 m ASL, the elevation on 400 m asl and elevation 900-1000 m asl have the highest diversity of frog species, where reached 9 species. We report the characteristic of frog sound along the mountain tract. Moreover, the sounds characteristic of two endemic species, i.e. *Oreophryne* spp. and *Ingerophrynus celebensis* are the novelties of this study.

Keywords: bioacoustics, frog, species diversity, Mekongga Mountains, Southeast Sulawesi.

ABSTRAK

Keragaman jenis kodok Pegunungan Mekongga, Sulawesi Tenggara belum pernah dipublikasi. Hasil dari eksplorasi tahun 2010 dan 2011 didapatkan 18 jenis kodok di sepanjang jalur pendakian pada elevasi antara 400 m dpl sampai 2500 m dpl. Dari 18 jenis kodok, tujuh jenis adalah jenis valid, sedangkan 11 jenis merupakan jenis yang masih dalam proses deskripsi. Tujuh belas jenis kodok adalah endemik Sulawesi dan satu jenis bukan endemik, yaitu *Kaloula baleata*; enam jenis tersebar luas, yaitu *Ingerophrynus celebensis*, *Oreophryne variabilis*, *Hylarana mocquardii*, *Occidozyga semipalmata*, *Polypedates iskandari* dan *Rhacophorus edentulus*; sedangkan jenis-jenis yang dalam proses deskripsi sebagian besar juga dijumpai di Sulawesi bagian tengah. Hanya satu jenis Microhylidae yang merupakan endemik Pegunungan Mekongga, yaitu *Oreophryne* sp. yang dijumpai pada elevasi 2500 m dpl. Dari jalur pendakian elevasi 400-2500 m dpl, pada elevasi 400 m dpl dan elevasi 900-1000 m dpl dijumpai jenis kodok paling beragam, yaitu mencapai 9 jenis. Suara kodok di sepanjang jalur pendakian sangat menarik perhatian dan dikarakterisasi di sini. Lebih dari itu, karakteristik suara dua kodok endemik yaitu *Oreophryne* spp. dan *Ingerophrynus celebensis* merupakan novelti dari penelitian ini.

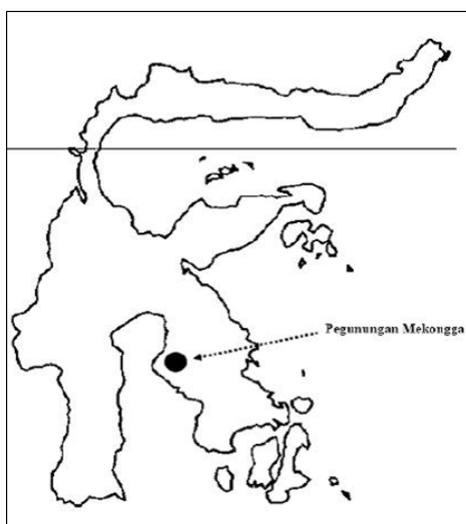
Kata Kunci: bioakustik, kodok, keragaman jenis, Pegunungan Mekongga, Sulawesi Tenggara.

PENDAHULUAN

Sulawesi adalah pulau di wilayah Wallacea yang paling unik, karena tingkat endemisitasnya yang tinggi pada kelompok invertebrata dan vertebrata; selain itu secara morfologi, satwa-satwa endemik sangat menarik perhatian sebagai campuran dari satwa pada Lempeng Sunda dengan Lempeng Australo-Papuan dan Lempeng Pasifik pada keempat lengannya

(Coates & Bishop 1997, Cannon *et al.* 2007) yang merupakan semenanjung. Secara umum, Sulawesi merupakan daratan dengan tingkat endemisitas tinggi, setiap lengannya terdapat taksa yang secara spesifik endemik, seperti terlihat pada beberapa jenis burung yang terdapat di lengan Sulawesi bagian tenggara (Berryman & Eaton 2020) dan yang lebih luas lagi endemisitas taksa kodok yang dipublikasi oleh Evans *et al.* (2003) dan Setiadi *et al.* (2011).

Pegunungan Mekongga di wilayah Propinsi Sulawesi Tenggara (Gambar 1) terletak antara 121⁰08' sampai 121⁰26' BT dan 3⁰ sampai 4⁰ LS. Areal di pegunungan ini bukan merupakan areal konservasi, tetapi bekas areal HPH (Hak Pengelolaan Hutan) yang ditinggalkan sejak 20 tahun lalu. Makro habitat yang terdapat di sepanjang jalan setapak pegunungan ini mulai dari elevasi 0 m dari permukaan laut (dpl) sampai ke puncak Mekongga di elevasi 2800 m dpl cukup beragam, sedangkan di ketinggian 300-600 m dpl adalah kebun kakao dan hutan sekunder yang terfragmentasi; kemudian pada elevasi 700-1000 m dpl terhampar habitat hutan sekunder yang kembali tumbuh setelah dilakukan tebang pilih pada kayu-kayu yang bernilai ekonomi pada 20 tahun lalu; lalu pada elevasi 1500-2000 m dpl, habitat hutan sekunder dataran tinggi mendominasi kawasan



Gambar 1. Lokasi Pegunungan Mekongga di wilayah Propinsi Sulawesi Tenggara (bulatan hitam).

yang ditandai dengan rendahnya tegakan pohon kayu yang ditumbuhi lumut; kemudian pada areal puncak pada elevasi di atas 2000 m dpl merupakan hutan pegunungan.

Jenis-jenis kodok endemik Sulawesi juga unik dalam keragaman bioakustiknya, terutama marga *Limnonectes*. Secara genetik, 15 jenis *Limnonectes* (Iskandar *et al.* 2014) yang dijumpai, hanya dua jenis tidak melepaskan suara, yaitu *L. microtypanum* dan *Limnonectes* spesies i yang satu grup dengan *L. grunniens* (Kurniati *et al.* 2020; Setiadi *et al.* 2011). Secara genetik, dijumpai empat jenis *Limnonectes* pada lengan Sulawesi bagian tenggara, yaitu *Limnonectes* spesies J (sp J), *Limnonectes* spesies G2 (sp G2), *Limnonectes* spesies I (sp I) dan *Limnonectes* spesies 2 (sp 2) (Setiadi *et al.* 2011); keempat jenis *Limnonectes* tersebut melepaskan suara, karena jantannya mempunyai celah kantung suara.

Eksplorasi keragaman jenis kodok di Pegunungan Mekongga dilakukan dalam tiga kali perjalanan, yaitu bulan Juli 2010 pada elevasi 400-700 m dpl, kemudian bulan Desember 2010 pada elevasi 700-1000 m dpl, lalu bulan Juli 2011 pada elevasi 1500-2500 m dpl. Enam stasiun eksplorasi menjadi pangkalan laboratorium lapangan yang memproses hasil tangkapan yang akan dijadikan spesimen atau proses identifikasi untuk jenis-jenis kodok yang mudah dikenali. Keenam stasiun tersebut serta elevasinya dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2. Jumlah pos pada Gambar 2 terlihat ada delapan pos pada jalur pendakian; yang menjadi stasiun atau *base camp* yang disebutkan pada Tabel 1 adalah pos 2-6.

Tabel 1. Enam stasiun eksplorasi sepanjang jalur pendakian Pegunungan Mekongga, Sulawesi Tenggara pada tahun 2010-2011.

| Lokasi stasiun/ base camp | Garis lintang °LS | Garis bujur °BT | Elevasi (m dpl) | Makro habitat |
|------------------------------|----------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------|
| Pondok Basir | 03.64220 | 121.09510 | 419 | Kebun kakao |
| Stasiun 2 | 03.64411 | 121.12607 | 705 | Hutan sekunder dataran rendah |
| Stasiun 3 | 03.63990 | 121.14974 | 936 | Hutan sekunder dataran rendah |
| Stasiun 4 | 03.63815 | 121.19310 | 1366 | Hutan lembah |
| Stasiun 5 | 03.63184 | 121.22103 | 1878 | Hutan pegunungan |
| Stasiun 6 | 03.65099 | 121.23645 | 2429 | Hutan pegunungan |

Keragaman jenis kodok cukup tinggi pada elevasi 400 m sampai 2500 m dpl dan juga suaranya dapat dipakai sebagai pembeda jenis selama perjalanan eksplorasi. Beberapa jenis kodok yang mengeluarkan suara di Pegunungan Mekongga telah dideskripsi dan dipublikasi karakter suaranya, yaitu *Polypedates leucomystax* (=iskandari) (Kurniati 2011) dan *Rhacophorus edentulus* (Kurniati 2015). Untuk melengkapi informasi distribusi vertikal dan karakter suara dari jenis-jenis kodok yang dijumpai di Pegunungan Mekongga, baik yang sudah terdeskripsi ataupun yang masih dalam proses deskripsi akan diungkapkan dalam artikel ini.

BAHAN DAN CARA KERJA

Cara kerja utama di lapangan ada dua tahap, yaitu eksplorasi untuk mendapatkan keragaman jenis kodok dan perekaman suara dari masing-masing kodok yang didapat sebelum ditangkap untuk dijadikan spesimen. Kemudian proses identifikasi dan analisis rekaman suara dilakukan di Museum Zoologi Bogor (MZB), Pusat Penelitian Biologi – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Cara kerja dari keempat tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

a. Keragaman jenis kodok

Survei dilakukan dengan melihat secara visual keberadaan kodok di areal pencarian digunakan untuk mendapatkan individu kodok. Pencarian kodok dilakukan pada malam hari mulai dari sekitar pukul 7.00 malam sampai sekitar pukul 11.00 malam. Sebelum ditangkap individu kodok yang menjadi target untuk ditangkap direkam terlebih dahulu suaranya dengan cara mendekatkan mikrofon ke dekat individu kodok yang sedang melepaskan suara panggilan bila memungkinkan. Setelah mendapat rekaman suara, dengan menggunakan senter kepala yang bersinar kuat, kodok tersebut ditangkap dengan teknik menyinarkan mata kodok yang mengakibatkan kodok buta sementara, sehingga mudah untuk ditangkap. Aktivitas pencarian kodok pada malam hari dilakukan di sepanjang jalur pendakian menuju puncak Gunung Mekongga, dimulai pada elevasi 400 m dpl sampai 2500 m dpl. Kondisi mikrohabitat

sepanjang jalur pendakian di mana dijumpai kodok adalah rawa berumput, kebun kakao, hutan sekunder, sungai berarus deras, sungai berarus lambat, kolam permanen, kolam tidak permanen, serasah hutan dan vegetasi rendah.

b. Perekaman suara kodok

Suara dari kodok yang dijumpai direkam dengan menggunakan mikrofon Audio Technica AT875R dengan respon frekuensi linier antara 90 Hz (Hertz) sampai 23 kHz (kiloHertz), dan alat rekaman Fostex FR 2LE yang menyimpan rekaman suara kodok dalam format WAV pada frekuensi 88,2 kHz dan *bit rate* 24 bits.

c. Identifikasi jenis

Identifikasi jenis kodok yang dijumpai menggunakan Wanger *et al.* (2011) dan juga koleksi spesimen MZB. Khusus untuk kelompok *Limnonectes*, identifikasi menggunakan analisis DNA yang dilakukan oleh tim Dr. Jimmy Adair McGuire dari *Museum of Vertebrate Zoology*, Universitas California-Berkeley, Amerika Serikat. Adapun nomenklatur untuk jenis terdeskripsi mengikuti Amphibian Species of the World 6.1 versi online (Frost 2021).

d. Analisis rekaman suara

Suara hasil rekaman yang berkualitas bagus kemudian dinormalisasi pada -1 desibel (db) lalu dikonversi ke 48000 Hz dengan menggunakan perangkat lunak Adobe Audition CC 2019. Proses visualisasi gelombang suara berupa osilograms dan frekuensi dominan diambil dari visualisasi audiograms menggunakan metode FFT (*Fast Fourier Transformation*) pada level 1024 *point Hanning window* dari perangkat lunak Adobe Audition CC 2019. Istilah-istilah yang dipakai dalam deskripsi suara mengikuti Pettitt *et al.* (2012), seperti durasi satu *pulse*, durasi antar *pulse* dan tempo *pulse* (*pulse rate*), durasi satu suara panggilan (*advertisement call*) dan durasi antar suara panggilan.

HASIL

a. Keragaman jenis

Delapan belas jenis kodok dari lima suku dijumpai di sepanjang jalur pendakian, mulai dari elevasi 400 m dpl sampai 2500 m dpl.

Tabel 2. Klasifikasi, jenis kodok dan mikrohabitat yang dijumpai di sepanjang jalur pendakian Pegunungan Mekongga mulai dari elevasi 400 m-2500 m dpl.

| Suku/Famili | Jenis | | | |
|----------------|---------------------------------|---|---|--|
| | Valid | Mikrohabitat | Proses deskripsi | Mikrohabitat |
| Bufoidea | <i>Ingerophrynus celebensis</i> | Endemik Sulawesi. Dijumpai mulai dari elevasi 400 m-1700 m dpl. Bersifat terestrial dan dijumpai di banyak tipe mikrohabitat. Jantan dewasa mengeluarkan suara. | | |
| Microhylidae | <i>Kaloula baleata</i> | Bersifat akuatik penuh. Dijumpai di kolam berlumpur tidak permanen di elevasi 400 m dpl. Berbunyi setelah hujan deras. | <i>Oreophryne</i> sp1.- elevasi tinggi | Endemik Sulawesi dan merupakan satu-satunya jenis kodok yang dijumpai di elevasi 2500 m dpl pada serasah lantai hutan yang lembab. |
| | <i>Oreophryne variabilis</i> | Endemik Sulawesi; hidup arboreal pada vegetasi rendah yang tumbuh di bawah pohon rindang. Jantan berbunyi bila kelembaban udara tinggi, seperti kondisi setelah hujan gerimis atau hujan deras. | <i>Oreophryne</i> sp2.- serasah | Endemik Sulawesi. Hidup di serasah lantai hutan. Jantan kadang-kadang dijumpai di atas tumbuhan paku, sekitar 5-10 cm dari permukaan tanah. Jantan bersuara antara pukul 5 sore sampai pukul 5 pagi. |
| | | | <i>Callulops</i> sp. | Endemik Sulawesi. Hidup di serasah lantai hutan. Keberadaan kodok ini dapat terdeteksi dari suaranya yang hanya bersuara bila merasa terganggu karena suara derap langkah kaki. Kodok ini melepaskan suara pada waktu siang ataupun malam hari; setelah satu kali melepaskan suara, kodok ini tidak mau bersuara dalam waktu lebih dari dua jam. |
| Ranidae | <i>Hylarana mocquardii</i> | Endemik Sulawesi berdasarkan Inger <i>et al.</i> (2009). Jenis ini hidup di rawa-rawa, kolam permanen, kolam tidak permanen atau anak sungai dengan arus lambat. | | |
| Dicroglossidae | <i>Occidozyga semipalmata</i> | Endemik Sulawesi. Hidup di anak sungai berbatu sangat dangkal yang berarus sangat lambat. | <i>Limnonectes</i> sp.- inflatus | Endemik Sulawesi. Hidup di sungai berdasar pasir atau batuan yang berarus cepat. |
| | | | <i>Limnonectes</i> spG2. | Endemik Sulawesi. Bersifat terestrial, dijumpai pada habitat di luar perairan, sekitar 10 meter dari tepi sungai berarus cukup cepat. |
| | | | <i>Limnonectes</i> sp.- dengkul hitam | Endemik Sulawesi. Bersifat terestrial, hidup di serasah lantai hutan. |
| | | | <i>Limnonectes</i> sp2. | Endemik Sulawesi. Bersifat semi-akuatik. Dijumpai pada sungai atau anak sungai berbatu yang berarus cukup kuat. |
| | | | <i>Limnonectes</i> spJ. | Endemik Sulawesi. Bersifat semi-akuatik. Dijumpai pada sungai berbatu dengan arus cukup kuat. |
| | <i>Limnonectes</i> spT. | Endemik Sulawesi. Bersifat semi-akuatik. Hidup pada anak sungai berbatu berarus lambat. | | |
| Rhacophoridae | <i>Polypedates iskandari</i> | Bersifat arboreal. Kodok ini dijumpai di kebun kakao, rawa-rawa dan pada vegetasi rendah di dalam hutan sekunder. | <i>Rhacophorus</i> sp.- runcing | Endemik Sulawesi. Bersifat arboreal. Dijumpai pada vegetasi rendah yang tumbuh di kolam permanen yang dangkal, dan kolam permanen yang berwarna coklat tua yang dinamakan kolam coca cola. |
| | <i>Rhacophorus edentulus</i> | Endemik Sulawesi yang bersifat arboreal. Hidup pada kanopi pohon berkayu yang terdapat tumbuhan epifit kantong semar. | <i>Rhacophorus</i> sp.- coklat besar | Endemik Sulawesi. Bersifat arboreal, tetapi kodok ini dijumpai di vegetasi rendah pada kolam permanen yang dangkal yang hanya satu-satunya habitat berair pada elevasi 1700 m dpl. |



Gambar 3. Persebaran 18 jenis kodok yang dijumpai sepanjang jalur pendakian Pegunungan Mekongga. (sumber peta: Google map).

Jenis-jenis kodok yang dijumpai dan mikrohabitat di mana kodok dijumpai dapat dilihat pada Tabel 2. Tujuh jenis adalah jenis kodok yang sudah valid, sedangkan 11 jenis masih dalam proses deskripsi penentuan jenis. Persebaran dari 18 jenis di sepanjang jalur pendakian dapat dilihat pada Gambar 3.

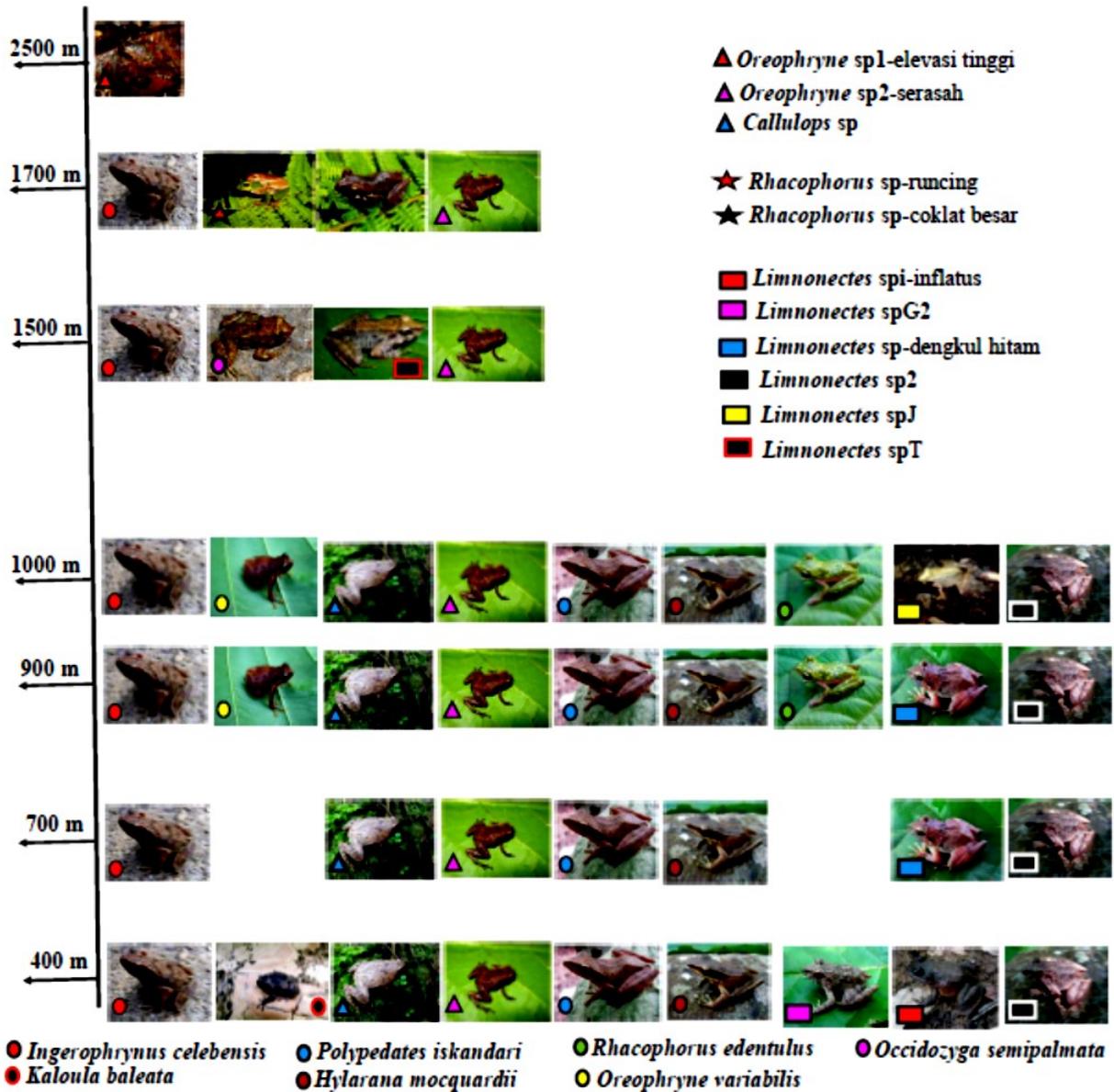
Distribusi vertikal 18 jenis kodok di jalur pendakian Pegunungan Mekongga dirangkum pada Tabel 2 dan Gambar 4. Dari tujuh elevasi yang menjadi lokasi pencarian jenis kodok, elevasi 400 m dpl dan elevasi 900 m sampai 1000 m dpl dijumpai jenis kodok paling beragam, yaitu sembilan jenis kodok dari lima suku. Elevasi 700 m dpl juga beragam, yaitu tujuh jenis kodok dari lima suku. Elevasi 1500 m dpl dan 1700 m dpl masing-masing dijumpai empat jenis kodok dari tiga suku. Elevasi 2500 m dpl hanya dijumpai satu jenis kodok, yaitu *Oreophryne* sp1. Untuk lebih jelasnya morfologi dari 18 jenis dapat dilihat pada Gambar 5.

Delapan belas jenis kodok yang dijumpai di sepanjang jalur pendakian, satu jenis bukan jenis endemik Sulawesi, yaitu *K. baleata*. Tujuh belas jenis endemik Sulawesi, enam jenis tersebar luas di daratan Sulawesi, yaitu *I. celebensis*, *O. variabilis*, *H. mocquardii*, *O. semipalmata*, *P. iskandari* dan *R. edentulus* (IUCN redlist.org); *I. celebensis* dan *H. mocquardii* juga dijumpai di pulau-pulau sekitar Sulawesi (Gillespie *et al.* 2005). Enam jenis

Limnonectes yang dijumpai, dua jenis hidup pada elevasi rendah, yaitu *Limnonectes* spG2 dan *Limnonectes* spi-inflatus; sedangkan hanya satu jenis pada elevasi tinggi, yaitu *Limnonectes* spT. *Limnonectes* sp2 mempunyai distribusi vertikal cukup luas, jenis ini dijumpai pada elevasi 400 m dpl sampai 1000 m dpl; sedangkan penghuni serasah *Limnonectes* sp-dengkul hitam mempunyai distribusi vertikal sempit, yaitu pada elevasi 700 m-900 m dpl. Jenis *Limnonectes* spJ hanya dijumpai pada elevasi 1000 m dpl. Dua jenis Microhylidae, yaitu *Callulops* sp. dan *Oreophryne* sp2. yang hidup pada elevasi cukup lebar adalah spesialis penghuni serasah, kedua jenis ini tidak endemik Pegunungan Mekongga karena dijumpai juga di Taman Nasional Lore Lindu, Sulawesi bagian tengah (Wanger *et al.* 2011). Hanya satu jenis kodok yang sampai saat ini diketahui hanya endemik di Pegunungan Mekongga, yaitu *Oreophryne* sp1. yang merupakan satu-satunya amfibia yang hidup pada elevasi 2500 m dpl (Gambar 4 &5).

b. Vokalisasi

Perekaman suara dilakukan pada bulan Desember 2010, pada elevasi 400 m dpl, 900 m dpl dan 1000 m dpl. Beberapa karakter suara kodok yang telah dipublikasi dari Pegunungan Mekongga adalah jenis *P. iskandari* (Kurniati 2011) dan jenis *R. edentulus* (Kurniati 2015). Dari hasil rekaman, tidak semua kualitas



Gambar 4. Jenis-jenis kodok sepanjang jalur pendakian Pegunungan Mekongga, Sulawesi Tenggara dan elevasi mulai dari 400 m-2500 m dpl di mana kodok dijumpai.



Gambar 5. Keragaman jenis kodok Pegunungan Mekongga hasil eksplorasi tahun 2010 dan 2011. Nama jenis berdasarkan Gambar 4 dengan tanda spesifik pada setiap foto (foto: H. Kurniati & WT. Laksono).

rekaman berkualitas baik, karena adanya gangguan dari kerasnya suara bising pada latar belakang yang menyebabkan karakter suara tidak bisa dianalisa, seperti rekaman dari suara *H. mocquardii*; sedangkan rekaman suara *Limnonectes* spp. belum bisa dipublikasi karena keraguan dalam pelabelan suara terhadap individu yang direkam. Hanya satu jenis *Limnonectes* yang tidak mengeluarkan suara, yaitu *Limnonectes spi.* yang bertubuh paling besar dan termasuk kelompok *L. grunniens* (Setiadi *et al.* 2011) yang tidak mempunyai kantung suara.

Suara-suara kodok yang biasa didengar di sepanjang jalur pendakian yang belum dideskripsi adalah sebagai berikut:

Callulops sp.

Suara direkam pada elevasi 900 m dpl, suhu udara sekitar 20⁰ C. Kualitas rekaman tidak bagus, karena kodok ini bersuara bila merasa terganggu, seperti suara derap langkah yang lewat dekat tempat persembunyiannya. Suara yang dilepaskan pertama kali rata-rata terdiri dari 8 *pulse*; setelah itu tidak ada suara dilepaskan. Bila ditunggu kodok ini bersuara kembali hasilnya nihil, karena setelah dua jam penantian, kodok ini tetap tidak mau bersuara.

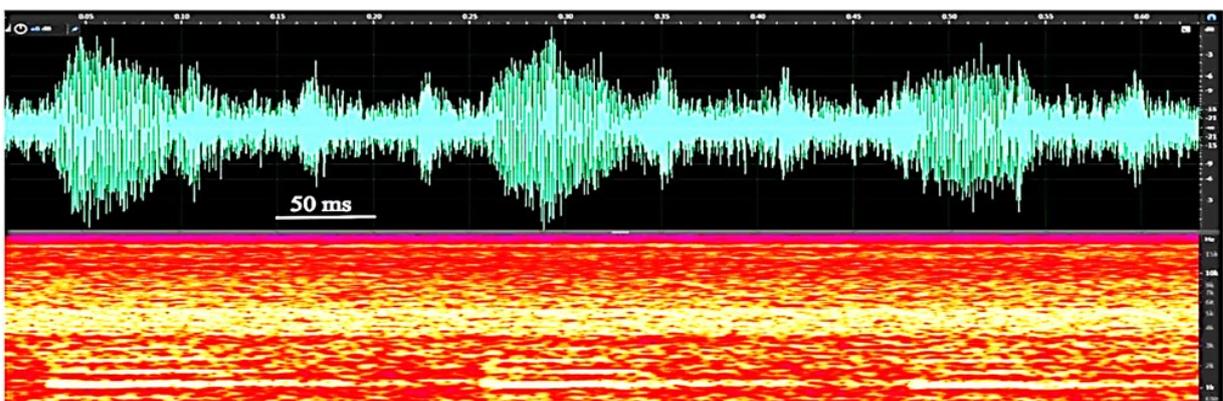
Gelombang suara kodok ini bertipe *note* dengan tiga harmonik (Gambar 6). Durasi satu *note* sekitar 100 ms (=milli second). Satu *note* mempunyai tiga harmonik, harmonik dasar (F0) merupakan frekuensi dominan yang berada pada 1219 Hz (Hertz); sedangkan F1, F2 dan F3 berada pada level 1622 Hz, 2194 Hz dan 2692 Hz. Seluruh frekuensi suara berada di bawah frekuensi kebisingan lingkungan yang

dikeluarkan serangga, yaitu berada pada frekuensi 3500 Hz sampai 5300 Hz, ketebalan frekuensi kebisingan 1800 Hz. Suara yang dilepaskan merupakan suara panggilan (*advertisement call*) atau suara agresif masih belum diketahui. Struktur gelombang dan frekuensi dominan *Callulops* sp. yang hidup di Sulawesi tidak jauh berbeda dengan frekuensi dominan *C. valvifer* yang dijumpai di Pegunungan Fakfak, Papua Barat, yaitu pada frekuensi 1100 Hz (Gunther 2013).

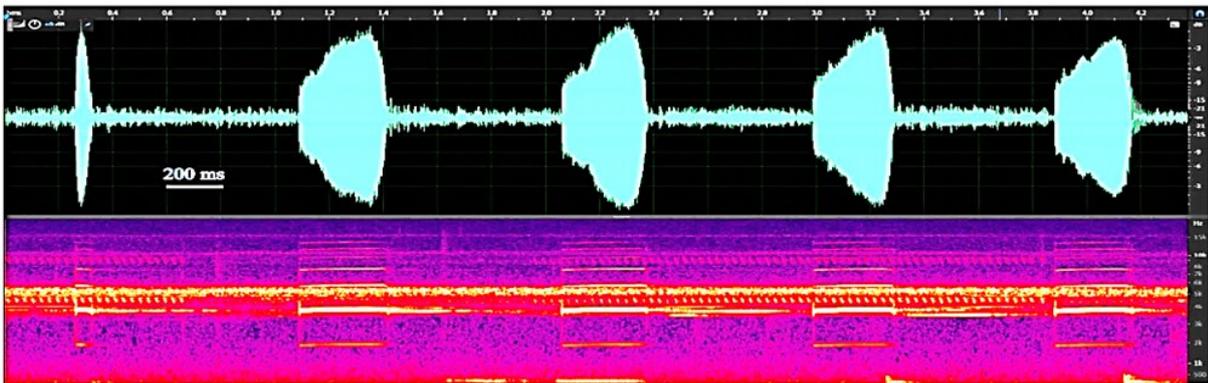
Oreophryne sp.-serasah

Suara direkam pada elevasi 950 m dpl, suhu udara sekitar 20⁰ C. Gelombang suara kodok ini bertipe *note* dengan enam harmonik (Gambar 7). Harmonik pertama (F1) adalah frekuensi dominan dari suara panggilan kodok ini. Jumlah *note* dalam satu rangkai suara panggilan terdiri dari 5-6 *note*, *note* pertama selalu berdurasi pendek. Jumlah suara panggilan yang dianalisis sebanyak 15 suara. Durasi rata-rata satu suara panggilan 4958,67 ms (4958,67±715,46 ms). Durasi rata-rata antar suara panggilan 8986,5 ms, sedangkan interval suara panggilan sangat bervariasi, yaitu antara 2602 ms sampai 6013 ms; karena sangat bervariasi durasi interval, maka tempo suara panggilan (*call rate*) tidak dapat ditentukan.

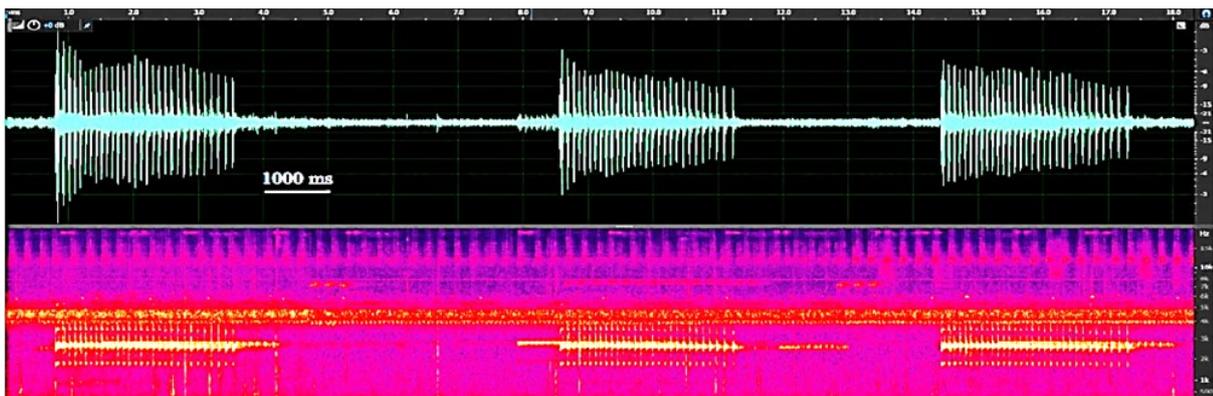
Durasi *note* pertama selalu lebih pendek dari *note* yang lain dalam satu suara panggilan. Rata-rata durasi *note* pertama 72 ms; sedangkan rata-rata durasi *note* setelahnya adalah 343,22 ms (343,22±27,51 ms). Durasi rata-rata interval *note* setelah *note* pertama adalah 631,89 ms (631,89±100,78 ms). Nilai Standar Deviasi (SD)



Gambar 6. Osilogram dan audiogram suara panggilan kodok serasah *Callulops* sp yang direkam pada elevasi 900 m dpl.



Gambar 7. Osilogram dan audiogram suara panggilan *Oreophryne* sp-serasah yang direkam pada elevasi 900 m dpl.



Gambar 8. Osilogram dan audiogram suara panggilan *Oreophryne variabilis* yang direkam pada elevasi 900 m dpl.



Gambar 9. Osilogram dan audiogram satu *pulse* dari rangkaian *sub-pulse* dalam satu suara panggilan *Ingerophrynus celebensis* yang direkam pada elevasi 400 m dpl.

durasi antar *note* sangat lebar, jadi pelepasan *note* tergantung pada kemauan kodok ini, bukan merupakan pelepasan suara yang spontan. Durasi antar *note* (durasi 1 *note*+durasi interval) adalah 921,33 ms ($921,33 \pm 100,45$ ms). Durasi antar *note* juga mempunyai nilai SD yang sangat lebar; oleh sebab itu tempo *note* (*note rate*) tidak bisa ditentukan.

Frekuensi dominan suara panggilan berada pada harmonik pertama (F1), yaitu 3609 Hz. Frekuensi harmonik dasar (F0) pada level 1922 Hz, kemudian frekuensi harmonik kedua (F2) terletak pada level 5859 Hz. Komponen suara panggilan kodok ini dipotong oleh frekuensi kebisingan yang dikeluarkan oleh serangga, yaitu pada level 5000 Hz; tetapi harmonik kedua (F2) terlihat tidak tumpang tindih dengan

frekuensi kebisingan. Harmonik ketiga (F3) terletak pada level 7594 Hz; sedangkan tiga harmonik (F4, F5, F6) di atas harmonik ketiga mempunyai spektrum energi sangat lemah. Struktur suara dari jenis kodok ini mirip dengan struktur suara *Xenorhina* yang dijumpai di Pegunungan Fakfak (Gunther 2010).

Oreophryne variabilis

Suara direkam pada elevasi 900 m dpl, suhu udara sekitar 20⁰ C. Gelombang suara kodok ini bertipe *pulse* (Gambar 8). Jumlah rekaman suara panggilan yang berkualitas baik adalah enam suara panggilan. Satu suara panggilan terdiri dari 30-31 *pulse*. Durasi pada *pulse* pertama selalu lebih panjang dibandingkan *pulse* di belakangnya, yaitu rata-rata 72 ms; sedangkan durasi *pulse* dibekang *pulse* pertama dibagi dua, 2/3 dari bagian pertama berdurasi rata-rata 42,23 ms, sedangkan 1/3 bagian belakang berdurasi rata-rata 34,89 ms. Rata-rata interval suara panggilan 39,60 ms. Durasi antar *pulse* pada *pulse* pertama dengan *pulse* kedua lebih panjang dari durasi antar *pulse* di belakangnya, yaitu rata-rata 111,67 ms, sedangkan durasi antar *pulse* pada *pulse* terakhir paling panjang, yaitu rata-rata 135,50 ms. Tempo dari *pulse* dan suara panggilan tidak bisa ditentukan, karena durasi antar *pulse* sangat bervariasi dengan kisaran durasi cukup jauh.

Frekuensi satu *pulse* merupakan pita, tidak terdapat harmonik. Frekuensi dominan terletak di tengah pita pada frekuensi 2600 Hz; frekuensi atas terletak pada 3500 Hz dan frekuensi bawah pada 1750 Hz. Seluruh pita frekuensi berada di bawah frekuensi suara bising latar belakang yang dikeluarkan oleh serangga, suara bising berada pada frekuensi 4000-5000 Hz. Struktur suara *O. variabilis* mirip dengan struktur suara *O. monticola* (Kurniati & Hamidy 2014) dalam karakter satu suara terdiri dari barisan *pulse*.

Ingerophrynus celebensis

Suara direkam pada elevasi 400 m dpl, suhu udara sekitar 25⁰ C. Gelombang suara kodok ini bertipe *pulse* dengan tiga harmonik (Gambar 9). Satu suara panggilan sulit ditentukan, karena durasi dari satu suara panggilan ke suara panggilan berikutnya sangat

pendek, oleh sebab itu jumlah *pulse* dalam satu suara panggilan sulit ditentukan secara pasti. Kualitas rekaman suara dengan kebisingan rendah sulit didapatkan untuk waktu rekaman yang panjang. Kualitas rekaman yang bagus dengan kebisingan rendah dapat dilihat pada Gambar 9. Satu *pulse* dari suara panggilan disusun oleh banyak *pulse*, di sini dinamakan *sub-pulse*. Satu *pulse* dapat terdiri dari 4-7 *sub-pulse*. Durasi satu *pulse* tergantung dari jumlah *sub-pulse* yang membentuknya; durasi satu *pulse* dengan empat *sub-pulse* sekitar 35 ms, sedangkan bila yang membentuk tujuh *sub-pulse* sekitar 58 ms. Interval suara panggilan dan interval *pulse* dalam satu suara panggilan sangat bervariasi; sedangkan interval *sub-pulse* dalam satu *pulse* berkisar antara 1-2 ms, oleh sebab itu frekuensi masing-masing *sub-pulse* terlihat berdiri sendiri.

Suara panggilan *I. celebensis* mempunyai harmonik yang tebal; harmonik paling dasar (F0) terletak pada frekuensi 652,02 Hz sampai 1403,94 Hz, ketebalan 751,92 Hz; harmonik pertama (F1) terletak pada frekuensi 1642,01 Hz sampai 2279,41 Hz, ketebalan 637,40 Hz; harmonik kedua (F2) terletak pada frekuensi 2625,58 Hz sampai 3248,75 Hz, ketebalan 623,17 Hz; harmonik keempat paling lemah dibandingkan harmonik di bawahnya dan terletak pada frekuensi 4300 Hz. Spektrum energi yang paling kuat terdapat pada F0 dan yang paling lemah adalah F3, yang mana frekuensi F3 bertabrakan dengan kebisingan suara lingkungan yang terletak pada level 4300 Hz.

Struktur gelombang suara panggilan *I. celebensis* mirip struktur gelombang suara panggilan *Duttaphrynus melanostictus*, bedanya *sub-pulse* pada satu *pulse* tidak terdapat interval, oleh sebab itu setiap *pulse* memperlihatkan spektrum frekuensi yang menyatu (Kurniati & Boonman 2011).

PEMBAHASAN

a. Keragaman jenis

Pengungkapan keragaman jenis herpetofauna pada lokasi-lokasi tertentu telah cukup banyak dilakukan di Sulawesi, seperti yang telah dilakukan Wanger *et al.* (2011) dan Gillespie *et al.* (2005),

yang mana jenis baru selalu ditemukan. Jenis baru yang telah dideskripsi dan dipublikasi dari kelompok herpetofauna adalah satu jenis cicak hutan (Riyanto *et al.* 2016), sedangkan dari kelompok kodok belum ada yang dipublikasi. Berdasarkan IUCN redlist, jenis kodok yang hanya ditemukan di Pegunungan Mekongga dan juga merupakan lokasi tipe adalah jenis *O. zimmeri*. Hasil perolehan jenis-jenis kodok di Pegunungan Mekongga belum diketahui apakah jenis *O. zimmeri* termasuk dalam *Oreophryne* spp. yang didapat atau tidak, karena morfologi dari *O. zimmeri* belum diketahui secara pasti.

Satu jenis bukan jenis endemik Sulawesi, yaitu *K. baleata* bersifat komensal dengan manusia dan dipercaya datang ke Sulawesi karena mediasi manusia (Brown *et al.* 2010; Inger 2005), walaupun menurut Blackburn *et al.* (2013) jenis *K. baleata* asal Sulawesi adalah jenis yang berbeda dengan *K. baleata* dari Jawa dan Bali, tetapi secara bioakustik tidak berbeda (Kurniati, in prep). Jenis *I. celebensis* adalah jenis yang tersebar luas di Sulawesi, tetapi berdasarkan Evans *et al.* (2008), secara genetik, setiap populasi *I. celebensis* di keempat tangan Sulawesi sudah mencirikan populasi yang spesifik, tetapi belum bisa dipisahkan sebagai jenis berbeda. Dari enam jenis *Limnodynastes* yang dijumpai, empat jenis sesuai dengan perolehan Setiadi *et al.* (2011) pada lengan bagian tenggara Sulawesi, sedangkan *Limnodynastes* spT. dan *Limnodynastes* sp.-dengkul hitam juga dijumpai di wilayah Sulawesi bagian tengah. Dua jenis Microhylidae, yaitu *Callulops* sp. dan *Oreophryne* sp. dijumpai juga di Taman Nasional Lore Lindu (Wanger *et al.* 2011) di Sulawesi bagian tengah. Dijumpainya beberapa jenis kodok di lengan bagian tenggara dan dijumpai juga di bagian tengah Sulawesi terjadi pula pada beberapa jenis burung (Berryman & Eaton 2020).

Distribusi vertikal dari beberapa jenis kodok di Pegunungan Mekongga berbeda dengan lokasi lain di Sulawesi. Jenis *O. semipalmata* hanya dijumpai pada elevasi tinggi, yaitu sekitar 1500 m dpl; sedangkan menurut Iskandar *et al.* (2011), *O. semipalmata* mempunyai distribusi vertikal yang luas, yaitu mulai dari elevasi sekitar 50 m sampai 1200 m dpl. Kemungkinan besar tidak dijumpainya *O. semipalmata* pada

elevasi rendah di Pegunungan Mekongga, karena aliran air di elevasi rendah berarus cepat sampai cukup cepat dikarenakan curamnya lembah di areal kaki gunung; arus air yang cepat bukan tipe mikrohabitat dari jenis kodok ini.

Jenis penghuni serasah lantai hutan yang juga dijumpai pada serasah di dalam kebun kakao adalah *Oreophryne* sp2. pada elevasi 400 m dpl dan 700 m dpl. Menurut Wanger *et al.* (2009), serasah daun kakao pada kebun kakao yang sudah tua dapat menjadi mikrohabitat pengganti untuk jenis-jenis herpetofauna asli penghuni serasah. Kemungkinan pendapat ini ada benarnya, karena pada elevasi 400 m dpl yang didominasi oleh kebun kakao yang telah tumbuh tinggi dengan kanopi yang lebar didapatkan sembilan jenis kodok, yang mana jumlah ini setara dengan jumlah jenis kodok pada elevasi 900 m sampai 1000 m dpl yang merupakan habitat hutan sekunder.

b. Vokalisasi

Kebisingan suara latar belakang yang dilepaskan serangga pada elevasi 400 m dpl berkisar antara 6000 Hz sampai 8000 Hz, sedangkan pada elevasi 900 m sampai 1000 m dpl berkisar antara 4000 Hz sampai 5000 Hz. Kebisingan yang dikeluarkan oleh aliran air sungai berarus deras di elevasi 900 m dpl adalah berkisar antara 2600-3200 Hz. Kemungkinan besar mengapa *Callulops* sp. dan *Oreophryne* spp. selalu dijumpai hidup jauh dari aliran air sungai untuk menghindari tumpang tindih frekuensi dominan suara mereka dengan suara aliran air; sedangkan frekuensi suara *I. celebensis* seluruh komponen utamanya yang mempunyai spektrum energi yang kuat berada di bawah suara kebisingan, tidak tumpang tindih dengan kebisingan latar belakang yang dikeluarkan serangga atau arus air pada elevasi 400 m dpl dan elevasi 1000 m dpl. Kemungkinan besar dengan frekuensi kuat yang sangat rendah, relung suara *I. celebensis* tidak bertabrakan dengan relung kebisingan lingkungan membuat kodok ini dapat beradaptasi dengan berbagai tipe habitat di sepanjang jalur pendakian Pegunungan Mekongga.

Struktur gelombang suara panggilan *I. celebensis* terlihat kompleks, karena satu *pulse*

dibentuk dari rangkaian *sub-pulse* yang berinterval. Struktur gelombang yang kompleks seperti ini juga dipunyai suara panggilan *Amnirana (=Hylarana=Rana) nicobariensis* (Jehle & Arak 1998; Kurniati & Hamidy 2016a; Kurniati & Hamidy 2016b) dan *Hylarana celebensis* (Kurniati 2016). Perbedaan yang jelas antar populasi terlihat pada struktur suara panggilan *A. nicobariensis*, yang mana rangkaian *sub-pulse* pada populasi tertentu terdapat interval, sedangkan populasi yang lain tidak terdapat interval. Kemungkinan besar struktur gelombang suara panggilan *I. celebensis* juga akan berbeda secara karakter yang mencirikan identitas populasi, karena kodok ini secara genetik berbeda nyata pada setiap lengan Sulawesi (Evans *et al.* 2008).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Prof. Dr. Elizabeth Widjaja, Prof. Dr. Rosichon Ubaidillah, Dr. Alan Hitch dan Dr. Andrew Engilis Jr sebagai koodinator dan PI dari proyek kerjasama antara LIPI dengan UC Davis. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada Dr. Arjan Boonman yang telah merekam suara kodok. Ucapan terima kasih diberikan selanjutnya kepada Dr. Jim McGuire yang telah membantu identifikasi *Limnonectes* kompleks group asal Sulawesi. Ucapan terima kasih disampaikan kepada anggota Citaka, terutama Bapak Iir dan Boy yang menjadi asisten penelitian selama eksplorasi di lapangan. Dalam artikel ilmiah ini, HK adalah kontributor utama dan WTL adalah kontributor anggota.

DAFTAR PUSTAKA

Berryman, AL. & JA. Eaton. 2020. The avifauna of the Mekongga Mountains, Southeast Sulawesi, Indonesia, and notes on a vocally distinct *Locustella* grasshopper warbler. *Birding ASIA*. 33: 27-35.

Blackburn, DC., CD. Siler, AC. Diesmos, JA. McGuire, DC. Cannatella & RM. Brown. 2013. An adaptive radiation of frogs in a southeast asian island archipelago. *Evolution*. 67(9): 2631-2646.

Brown, RM., CW.Linkem,CD.Siler, J. Sukumaran,

JA. Esselstyn, AC. Diesmos, DT. Iskandar, D. Bickford, BJ. Evans, JA. McGuire, L. Grismer, J. Supriatna & N. Andayani. 2010. Phylogeography and historical demography of *Polypedates leucomystax* in the islands of Indonesia and the Philippines: evidence for recent human-mediated range expansion? *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 57: 598-619.

Cannon, CH., M. Summers, JR. Harting & PJA. Kessler. 2007. Developing conservation priorities based on forest type, condition, and threats in a poorly known Ecoregion: Sulawesi, Indonesia. *Biotropica* 29: 747-759.

Coates, BJ. & KD. Bishop. 1997. *A Guide to the Birds of Wallacea*. Dove Publications. Alderley, Australia.

Evans, BJ., JA. McGuire, RM. Brown, N. Andayani & J. Supriatna. 2008. A coalescent framework for comparing alternative models of population structure with genetic data: evolution of Celebes toads. *Biology Letters*. 4:430-433.

Evans, BJ., RM. Brown, JA. McGuire, J. Supriatna, N. Andayani, A. Diesmos, D. Iskandar, DJ. Melnick & DC. Cannatella. 2003. Phylogenetics of fanged frogs: Testing biogeographical hypotheses at the interface of the Asian and Australian faunal zones. *Systematic Biology*. 52(6): 794-819.

Frost, D. 2021. Amphibian Species of the World 6.1 versi Online. Diakses tanggal 27 Januari 2021 pada: [http https://amphibiansoftheworld.amnh.org/](http://amphibiansoftheworld.amnh.org/)

Gillespie, G., S. Howard, D. Lockie, M. Scroggie & Boedi. 2005. Herpetofaunal richness and community structure of off shore islands of Sulawesi, Indonesia. *Biotropica* 37 (2): 279-290.

Gunther, R. 2010. Description of a new microhylid frog species of the genus *Xenorhina* (Amphibia: Anura: Microhylidae) from the Fakfak Mountains, far western New Guinea. *Vertebrate Zoology*. 60(3): 217-224.

Gunther, R. 2013. From a dwarf to a giant: revalidation of *Callulops valvifer* (Babour, 1910) (Amphibia: Anura: Microhylidae). *Zootaxa*. 3641(3): 271-281.

- Iskandar, DT., U. Arifin & A. Rachmansah. 2011. A new frog (Anura, Dicroglossidae), related to *Occidozyga semipalmaya* Smith, 1927 from the eastern peninsula of Sulawesi, Indonesia. *The Raffles Bulletin of Zoology* 59(2): 77-86.
- Iskandar, DT., B.J. Evans & J.A. McGuire. 2014. A novel reproductive mode in frogs: A new species of fanged frog with internal fertilization and birth of tadpoles. *PLoS ONE*. 9(12): 1-14.
- Inger, R.F. 2005. The frog fauna of the Indo-malayan region as it applies to Wallace's line. Dalam: Wallace in Sarawak-150 Years Later. An International Conference on Biogeography and Biodiversity. A.A. Tuen & I. Das (Eds). pp: 82-90. Institute of Biodiversity and Environmental Conservation, Universiti Malaysia Sarawak, Kota Samarahan.
- Inger, R.F., B.L. Stuart & D.T. Iskandar. 2009. Systematics of a widespread Southeast Asian frog, *Rana chalconota* (Amphibia: Anura: Ranidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 155: 123-147.
- Jehle, R & A. Arak. 1998. Graded call variation in the asian cricket frog *Rana nicobariensis*. *Bioacoustics*. 9(1): 35-48.
- Kurniati, H. 2011. Vocalization of Asian striped tree frogs, *Polypedates leucomystax* (Gravenhorst, 1829) and *P. iskandari* Riyanto, Mumpuni & McGuire, 2011. *Treubia*. 38: 1-13.
- Kurniati, H. 2015. Karakteristik suara *Rhacophorus edentulus* Mueller, 1894 asal Pegunungan Mekongga Sulawesi Tenggara (Anura: Rhacophoridae). *Jurnal Biologi Indonesia*. 11(1): 21-29.
- Kurniati, H. 2016. Bioacoustics of *Hylarana celebensis* (Peters, 1872) (Anura: Ranidae) from Sulawesi. *Jurnal Biologi Indonesia*. 12(1): 1-7.
- Kurniati, H & A. Boonman. 2011. Vocalization of common frogs around human habitations. *Fauna Indonesia* 10(2): 18-27.
- Kurniati, H & A. Hamidy. 2014. Karakter suara kelompok kodok Microhylidae bertubuh kecil asal Bali (Anura: Microhylidae). *Jurnal Biologi Indonesia*. 10(2): 159-167.
- Kurniati, H & A. Hamidy. 2016a. Variasi suara panggilan kodok *Hylarana nicobariensis* (Stoliczka, 1870) dari lima populasi berbeda di Indonesia (Anura: Ranidae). *Jurnal Biologi Indonesia*. 12(2): 165-173.
- Kurniati, H & A. Hamidy. 2016b. Variasi dan degradasi suara panggilan kodok jangkrik [*Hylarana nicobariensis* (Stoliczka, 1870)] (Anura: Ranidae) asal Pulau Enggano. *Berita Biologi*. 15(3): 237-246.
- Kurniati, H., A. Hamidy & L. Clayton. 2020. Unusual call characteristics and acoustic niche adaptation of *Limnonectes larvaepartus* Iskandar, Evans & McGuire, 2014 in its habitat (Anura: Dicroglossidae). *BIO Web of Conference* 19, 00006.
- Pettitt, B.A., G.R. Bourne & M.A. Bee. 2012. Quantitative acoustic analysis of the vocal repertoire of the golden rocket frog (*Anomaloglossus beebei*). *Journal Acoustical Society of America* 131(6): 4811-4820.
- Riyanto, A., H. Kurniati & A. Engilis Jr. 2016. A new bent-toed gecko (Squamata: Gekkonidae) from the Mekongga Mountains, South East Sulawesi, Indonesia. *Zootaxa*. 4109(1): 059-072.
- Setiadi, M.I., J.A. McGuire, R.M. Brown, M. Zubairi, D.T. Iskandar, N. Andayani, J. Supriatna & B.J. Evans. 2011. Adaptive radiation and ecological opportunity in Sulawesi and Philippine fanged frog (*Limnonectes*) communities. *The American Naturalist*. 178: 221-240.
- Wanger, T.C., A. Saro, D.T. Iskandar, B.W. Brook, N.S. Sodhi, Y. Clough & T. Tschardt. 2009. Conservation value of cacao agroforestry for amphibians and reptiles in South-East Asia: combining correlative models with follow-up field experiments. *Journal of Applied Ecology*. 46: 823-832.
- Wanger, T.C., I. Motzke, S. Saleh & D.T. Iskandar. 2011. The amphibians and reptiles of the Lore Lindu National Park area, Central Sulawesi, Indonesia. *Salamandra*. 47 (1): 17-29.