

**Variasi Suara Panggilan Kodok *Hylarana nicobariensis* (Stoliczka, 1870) Dari Lima Populasi Berbeda di Indonesia (Anura: Ranidae)
[Advertisement Calls Variation on *Hylarana nicobariensis* (Stoliczka, 1870) of Five Different Populations in Indonesia (Anura: Ranidae)]**

Hellen Kurniati & Amir Hamidy

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

Memasukkan: Juni 2015, **Diterima:** Desember 2015

ABSTRACT

Hylarana nicobariensis (Stoliczka, 1870) is a very common frog, which has a wide distribution, covering the southern part of Thailand, Peninsular Malaysia, Sumatra, Borneo, Java, Bali and Palawan in the Philippines. The presence of this frog is very easy to be recognized by listening its shrill call that is sounded loudly all day. Detailed descriptions of *H. nicobariensis*'s calls from Ulu Gombak in Peninsular Malaysia and Danum Valley in Sarawak have been published by Jehle and Arak (1998), which are some call characters of the frog from the two locations are significantly different. To determine the call characters that can distinguish among populations of this frog, advertisement calls of five different populations (Batukaru, Curup, Limau Manis, Curug Nangka and Lake Ecology Park) were analyzed. The characters of the call waves on the five populations are different in the structure of sub-pulses, dominant frequency and lower frequency. Among the five populations, the population from Lake Ecology Park is the most different in the terms of the dominant frequency (3996.95 ± 124.74 Hz) and lower frequency (1692.51 ± 80.77 Hz), of this population both these characters occupy the highest level compared to four other populations; however individuals from Curup occupy the lowest level on dominant frequency (2919.67 ± 67.76 Hz) and lower frequency (832.96 ± 32.42 Hz).

Key words: Ranidae, *Hylarana nicobariensis*, bioacoustics

ABSTRAK

Hylarana nicobariensis (Stoliczka, 1870) adalah kodok yang sangat umum dijumpai dan persebarannya sangat luas, meliputi selatan Thailand, Semenanjung Malaysia, Sumatera, Kalimantan, Jawa, Bali dan Palawan di Filipina. Keberadaan kodok ini sangat mudah untuk dikenali dengan mendengarkan suara panggilannya yang melengking yang terdengar keras sepanjang hari. Penjelasan rinci suara panggilan *H. nicobariensis* yang berasal dari Ulu Gombak di Semenanjung Malaysia dan Lembah Danum di Sarawak telah dipublikasi oleh Jehle dan Arak (1998), yang mana beberapa karakter suara panggilan di dua lokasi tersebut berbeda secara signifikan. Untuk menentukan karakter panggilan yang dapat membedakan di antara populasi kodok ini, suara panggilan dari lima populasi yang berbeda (Batukaru, Curup, Limau Manis, Curug Nangka dan Danau Ecology Park) dianalisis. Karakter gelombang suara panggilan dari lima populasi berbeda pada struktur sub-pulsa, frekuensi dominan dan frekuensi bawah. Di antara lima populasi, populasi dari Danau Ecology Park, Jawa Barat adalah yang paling berbeda dalam frekuensi dominan ($3996,95 \pm 124,74$ Hz) dan frekuensi bawah ($1692,51 \pm 80,77$ Hz), yang mana kedua karakter tersebut menempati tingkat tertinggi dibandingkan dengan empat populasi lain; namun individu dari Curup, Bengkulu menempati tingkat terendah pada frekuensi dominan ($2919,67 \pm 67,76$ Hz) dan frekuensi bawah ($832,96 \pm 32,42$ Hz).

Kata kunci: Ranidae, *Hylarana nicobariensis*, bioakustik

PENDAHULUAN

Sinyal akustik adalah salah satu bentuk yang paling penting dari komunikasi dalam kelompok kodok. Wells (2007) membagi sinyal akustik menjadi empat kategori berdasarkan fungsinya, yaitu: (1) Suara panggilan (*advertisement calls*), sinyal akustik utama yang diberikan oleh individu jantan kepada individu betina selama musim kawin; (2) Suara agresif (*aggressive calls*), sinyal akustik individu jantan untuk individu jantan lain agar menjauh dari wilayah teritorialnya; (3) Suara rilis

(*release calls*), sinyal akustik yang dilepaskan oleh individu jantan saat menggenggam individu jantan lain atau individu betina pada waktu *amplexus*; (4) Suara ketakutan (*alarm calls, distress calls, defensive calls*), sinyal akustik yang dikeluarkan oleh individu kodok yang diserang oleh predator, biasanya berupa jeritan yang relatif keras. Dari empat kategori utama sinyal akustik, suara panggilan memainkan peran yang sangat penting dalam pemilihan pasangan oleh individu betina dan sebagai media bagi jantan dalam melakukan aktivitas reproduksinya (Xiong *et al.* 2015); selain itu suara panggilan juga dianggap

sebagai salah satu karakter kunci yang bertanggung jawab untuk isolasi reproduksi dan proses spesiasi dalam kelompok kodok (Cocroft & Ryan 1995; Gerhardt 1991; Howard & Young 1998; Leary 2001; Wagner & Sullivan 1995; Wei *et al.* 2012).

Hylarana nicobariensis (Stoliczka, 1870) (Gambar 1) adalah jenis kodok yang sangat umum dijumpai pada habitat perairan tergenang yang banyak ditumbuhi rumput-rumputan mulai dari elevasi 0 m dari permukaan laut (dpl) (Kurniati *et al.* 2000) sampai elevasi sekitar 1000 m dpl (Kurniati 2006). Persebaran kodok ini sangat luas, yaitu meliputi bagian selatan Thailand, Semenanjung Malaysia, Sumatra, Kalimantan, Jawa, Bali dan Palawan di Filipina (Inger 2005; Iskandar 1998; Mc Kay 2006). Keberadaan kodok ini sangat mudah diketahui dari suaranya yang melengking keras yang terdengar sepanjang hari (Inger 2005); Inger & Stuebing (2005) mendeskripsikan suara panggilan kodok ini dengan “kek” sebanyak enam sampai sepuluh dalam satu suara panggilan, sedangkan McKay (2006) mendiskripsikannya dengan “iCK-iCK-iCK-iCK-iCK” yang keras. Deskripsi lengkap dari suara *H. nicobariensis* asal Ulu Gombak di Semenanjung Malaysia dan Lambah Danum di Sarawak telah dipublikasi oleh Jehle & Arak (1998), yang mana jantan *H. nicobariensis* mempunyai empat tipe suara berdasarkan fungsi, yaitu suara panggilan (*advertisement call*), suara majemuk (*compounded call*), suara agresif (*aggressive call*) dan suara pertemuan (*encounter call*), yang mana beberapa stimulan karakter suara jantan *H. nicobariensis* pada dua lokasi tersebut berbeda nyata.

Seperti pernyataan di atas, suara panggilan sangat penting dalam pemilihan pasangan oleh individu betina, oleh sebab itu artikel ini fokus



Gambar 1. Individu jantan *Hylarana nicobariensis* asal Curug Nangka, Jawa Barat (Foto: H. Kurniati)

membahas karakter-karakter apa saja pada gelombang suara panggilan kodok *H. nicobariensis* yang membedakan antara populasi satu dengan populasi lainnya; perbedaan yang nyata terlihat pada kisaran energi frekuensi antara populasi di Lembah Danum dan populasi di Gunung Kinabalu, kisaran energi frekuensi paling kuat untuk populasi di Lembah Danum adalah antara 500-3000 Hz (Jehle & Arak 1998), sedangkan populasi di Gunung Kinabalu antara 1000-4000 Hz (Malkmus *et al.* 2002). Kemungkinan besar penerapan dari adanya perbedaan pada karakter gelombang suara mengindikasikan populasi dengan ciri khas suara tertentu tidak dapat bercampur dengan individu dari populasi lain, walaupun mereka satu jenis.

BAHAN DAN CARA KERJA

Suara panggilan individu jantan *H. nicobariensis* direkam di lima lokasi (Gambar 2), yaitu: (1) Batukaru (S 08°25' 03"; E 115°07' 28"; 435 m dpl), Bali; waktu perekaman dilakukan pada tanggal 12 Juli 2010, suhu udara 26,0°C pada pukul 21:00 WITA dengan menggunakan alat perekam Olympus LS-11 dalam format suara WAV pada frekuensi 44,1 KHz dan *bit rate* 16 *bits*; (2) Danau Ecology Park (S 06° 29' 40.2" ; E 106° 51' 06.3"; 165 m dpl), Cibinong, Jawa Barat, waktu perekaman dilakukan pada tanggal 23 Juni 2010, suhu udara 28,0°C pada pukul 19:00 WIB dengan menggunakan mikrofon Audio Technica AT875R yang mempunyai rentang sensitivitas frekuensi antara 90 Hertz (Hz) sampai 23 Kilohertz (KHz), kemudian suara tersebut direkam dengan alat perekam Fostex FR 2LE dalam format suara WAV pada frekuensi



Gambar 2. Lima lokasi perekaman suara panggilan individu jantan *Hylarana nicobariensis*: Batukaru, Danau Ecology Park, Curug Nangka, Curup dan Limau Manis.

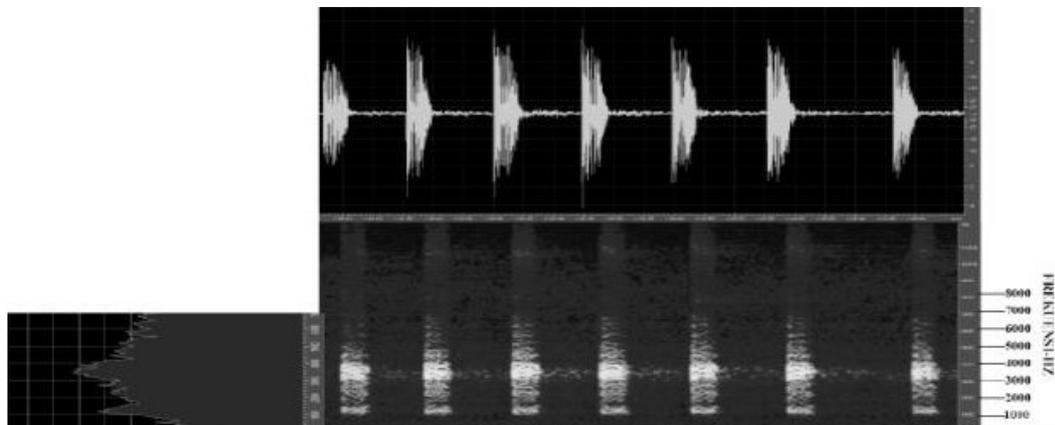
88,2 KHz dan *bit rate* 24 bits; (3) Curug Nangka (S 6°40' 22.8"; E 106° 43' 53.5"; 730 m dpl), kaki Gunung Salak, Jawa Barat, waktu perekaman dilakukan pada tanggal 30 Oktober 2010, suhu udara 23,1°C pada pukul 20.00 WIB dengan menggunakan mikrofon Audio Technica AT875R yang mempunyai rentang sensitivitas frekuensi antara 90 Hertz (Hz) sampai 23 Kilohertz (KHz), kemudian suara tersebut direkam dengan alat perekam Fostex FR 2LE dalam format suara WAV pada frekuensi 88,2 KHz dan *bit rate* 24 bits; (4) Curup, Bengkulu, waktu perekaman dilakukan pada tanggal 20 Juli 2010, suhu udara 24,0°C pada pukul 19:00 WIB dengan menggunakan alat perekam Olympus LS-11 dalam format suara WAV pada frekuensi 44,1 KHz dan *bit rate* 16 bits; (5) Limau Manis (S 00°54'43.8"; E 100°28'00.7"; 280 m dpl), Sumatra Barat, waktu perekaman dilakukan pada tanggal 20 Desember 2011, suhu udara 25,5°C pada pukul 19.00 WIB dengan menggunakan alat perekam Sony PCM-M10 pada frekuensi 94 KHz dan *bit rate* 24 bits. Proses perekaman dengan hasil rekaman yang baik di lokasi Batukaru dan Curup dilakukan oleh A. Hamidy sebanyak satu individu di masing-masing lokasi, sedangkan di tiga lokasi lainnya dilakukan oleh H. Kurniati sebanyak tiga individu di Cibinong, tiga individu di Curug Nangka dan empat individu di Limau Manis dengan lamanya waktu perekaman suara untuk masing-masing individu adalah antara 2-5 menit. Suara hasil rekaman yang berkualitas bagus kemudian dinormalisasi, sehingga maksimum suara mencapai -1 *decibel* (db) di bawah batas maksimal WAV *file*, lalu dikonversi ke 48000 Hz (=Hertz) dan 16 *bits* dengan menggunakan perangkat lunak *Adobe Audition* versi 3.0. Proses visualisasi gelombang

suara berupa *oscillograms* dan frekuensi dominan diambil dari visualisasi *audiospectrograms* menggunakan metode FFT (*Fast Fourier Transformation*) pada level 1024 *point Hanning window* dari perangkat lunak *Adobe Audition* versi 3.0. Istilah-istilah yang dipakai dalam deskripsi suara mengikuti Pettitt *et al.* (2012); lalu rasio Koefisien Varian (CV) dihitung untuk menentukan "statis" dan "dinamis" dari karakter vokalisasi (Gerhardt 1991); yang mana kalkulasi CV mengikuti Krebs (1989). Perangkat lunak *Past* (Hammer *et al.* 2001, http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm) dan SPSS versi 16.0 digunakan untuk menganalisis data dan konstruksi grafik data.

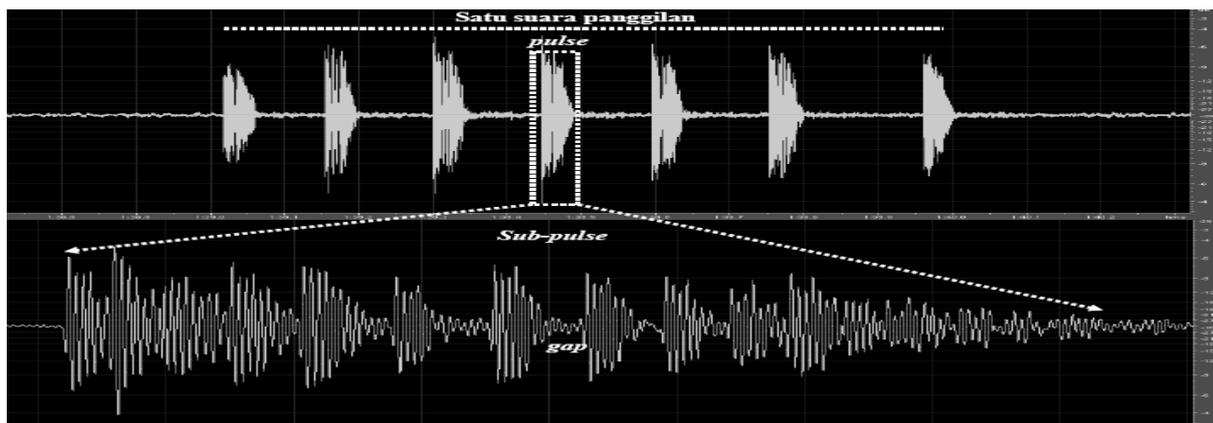
HASIL

Tipe gelombang suara panggilan kodok *H. nicobariensis* mempunyai dua rangkaian gelombang suara nada pulsa, yaitu satu suara panggilan terdiri dari banyak nada pulsa (Gambar 3) dan satu nada pulsa juga terdiri dari banyak sub-nada pulsa (*sub-pulse*), yang mana di antara sub-nada pulsa pada beberapa populasi terdapat interval (*gap*) (Gambar 4). Jehle & Arak (1998) tidak menjelaskan adanya barisan sub-nada pulsa dalam satu nada pulsa dari suara panggilan *H. nicobariensis*, yang mana jumlah sub-nada pulsa dan karakter gelombangnya berbeda di antara lima populasi yang dipelajari.

Karakter suara panggilan seperti tertera pada Tabel 1 sangat bervariasi pada lima populasi yang dipelajari, yaitu populasi Batukaru, Curup, Limau Manis, Curug Nangka dan Danau *Ecology Park*. Hasil visualisasi *audiospectrogram* terlihat gelombang suara panggilan terdapat dua segmen



Gambar 3. *Oscillograms*, *audiospectrogram* dan energi frekuensi suara panggilan *Hylarana nicobariensis* dengan tujuh nada pulsa (*pulse*) dalam satu suara panggilan (*advertisement call*).



Gambar 4. Satu nada pulsa (*pulse*) suara panggilan *Hylarana nicobariensis* terdiri dari rangkaian sub-nada pulsa (*sub-pulse*) yang jumlahnya bervariasi. Beberapa nada pulsa terdapat interval (*gap*) di antara sub-nada pulsa.

Tabel 1. Karakter suara panggilan kodok *Hylarana nicobariensis* untuk populasi Batukaru, Curup, Limau Manis, Curug Nangka dan Danau *Ecology Park*. Arti angka dalam tabel: nilai rata-rata±SD (kisaran); n=jumlah contoh; Coefficient Variat (CV) %.

Karakter suara	Batukaru, Bali (jumlah individu=1)	Curup, Bengkulu (jumlah individu=1)	Limau Manis, Sumatra Barat (jumlah individu=4)	Curug Nangka, Jawa Barat (jumlah individu=3)	Danau <i>Ecology</i> <i>Park</i> , Jawa Barat (jumlah individu=3)
Jumlah <i>pulse</i> /satu suara	7,00	4,80 ± 1,03 (2-6) CV=21,52	5,94 ± 1,20 (2-7) CV=20,15	7,10 ± 2,36 (3-10) CV=33,23	4,21 ± 1,19 (2-6) CV=28,31
Jumlah <i>sub-pulse</i> / <i>pulse</i>	12,72 ± 1,27 (10-15); n=18 CV=10,01	16,33 ± 2,35 (12-22); n=48 CV=14,42	14,15 ± 1,12 (11-17); n=101 CV=7,96	13,97 ± 2,20 (10-23); n=142 CV=15,74	13,98 ± 2,78 (6-20); n=134 CV=19,88
Frekuensi dominan-Hertz	3349,94 ± 66,38 (3234-3515); n=17 CV=1,98	2919,67 ± 67,76 (2765-3046); n=48 CV=2,32	3510,00 ± 115,95 (3187-3796); n=101 CV=3,30	3622,36 ± 110,03 (3421-3984); n=142 CV=3,04	3996,95 ± 124,74 (3483-4312); n=130 CV=3,12
Frekuensi bawah-Hertz	1205,24 ± 93,35 (984,30-1406); n=18 CV=7,74	832,96 ± 32,42 (750,00-890,60); n=48 CV=3,89	1203,62 ± 39,08 (1125-1312); n=101 CV=3,25	1505,25 ± 70,98 (1078-1640); n=142 CV=4,71	1692,51 ± 80,77 (1406-1875); n=130 CV=4,77
Durasi satu <i>pulse</i> -milli detik	26,72 ± 2,76 (23-34); n=18 CV=10,33	48,42 ± 8,30 (31-71); n=48 CV=17,14	40,14 ± 2,37 (34-45); n=101 CV=5,92	42,65 ± 5,91 (32-61); n=142 CV=13,87	35,46 ± 7,25 (24-49); n=139 CV=20,44
Durasi antar <i>pulse</i> -milli detik	156,80 ± 12,31 (142-184); n=15 CV=7,85	199,34 ± 12,67 (180-233); n=38 CV=6,35	154,17 ± 16,64 (128-207); n=84 CV=10,8	152,70 ± 15,86 (132-234); n=122 CV=10,39	145,46 ± 11,99 (119-183); n=106 CV=8,24
Tempo nada pulsa (<i>pulse</i> rate)-dari nilai rata-rata-detik	6,38	5,02	6,49	6,55	6,87

frekuensi yang mempunyai energi yang kuat, yaitu frekuensi bawah yang berada pada sekitar 1000 Hz (Hertz) dan frekuensi dominan merupakan ban atau pita dengan spektrum yang lebar yang berada pada sekitar 3000-4000 Hz (Gambar 3).

Hasil analisis dari durasi satu suara panggilan, durasi antar suara panggilan dan tempo suara panggilan untuk lima populasi yang dipelajari menghasilkan nilai CV yang lebih dari 20%, karena jumlah nada pulsa pada setiap satu suara panggilan sangat bervariasi (CV>20%), yaitu antara 2-10 nada pulsa/suara panggilan (Tabel 1); oleh sebab itu durasi satu suara panggilan, durasi antar suara panggilan dan

tempo suara panggilan tidak dibahas dalam tulisan ini, karena tidak dapat dipakai sebagai karakter suara yang spesifik dalam satu populasi.

Frekuensi atas atau frekuensi maksimum dari gelombang suara panggilan *H. nicobariensis* sulit ditentukan, karena sebagian besar visualisasi *audiospectrogram* frekuensi atas tidak jelas grafik energi frekuensinya, yang mana Jehle & Arak (1998) juga menghadapi permasalahan yang sama dalam menganalisis suara panggilan *H. nicobariensis* dari populasi Ulu Gombak dan Gunung Kinabalu.

Karakter gelombang suara panggilan pada lima populasi yang dipelajari ternyata terdapat beberapa

perbedaan pada karakter struktur gelombang sub-nada pulsa dan frekuensi bawah serta frekuensi dominan yang disuarakan. Visualisasi *oscillograms*, *audiospectrogram* dan energi frekuensi dari populasi Batukaru dan Curup kemungkinan besar tidak dapat dipakai sebagai gambaran secara umum struktur gelombang dari dua populasi tersebut, karena hanya satu individu jantan yang direkam suaranya. Deskripsi secara rinci suara panggilan dari masing-masing populasi adalah sebagai berikut:

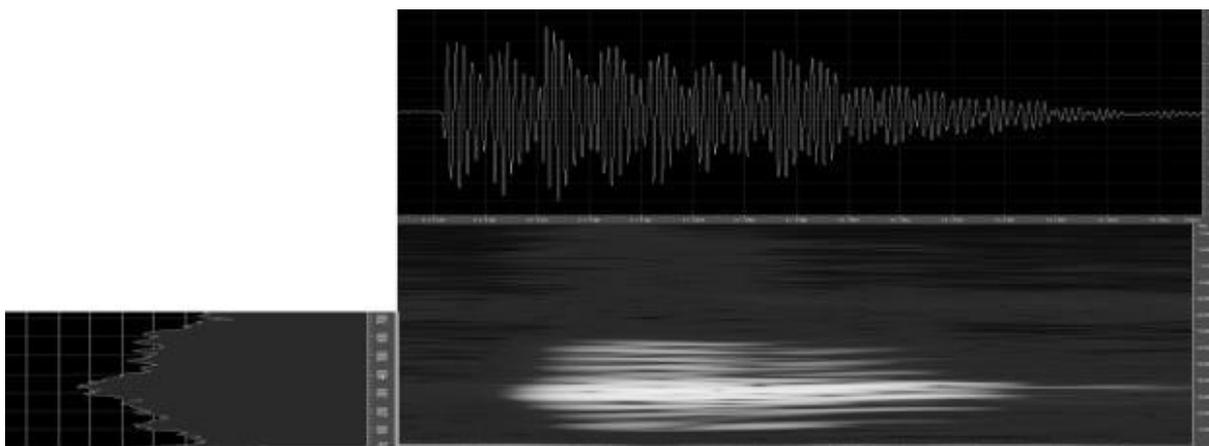
A. Batukaru

Pada Gambar 5 terlihat struktur *oscillograms* nada pulsa tidak terdapat *gap* atau interval di antara sub-nada pulsa; amplitudo pada gelombang sub-nada pulsa bermodulasi relatif landai. *Audiospectrogram* terlihat frekuensi dominan dengan energi paling kuat berada di bagian tengah pita frekuensi (*band width*), yaitu pada posisi rata-rata $3349,94 \pm 66,38$ Hz dengan kisaran antara 3234-3515 Hz (Tabel 1),

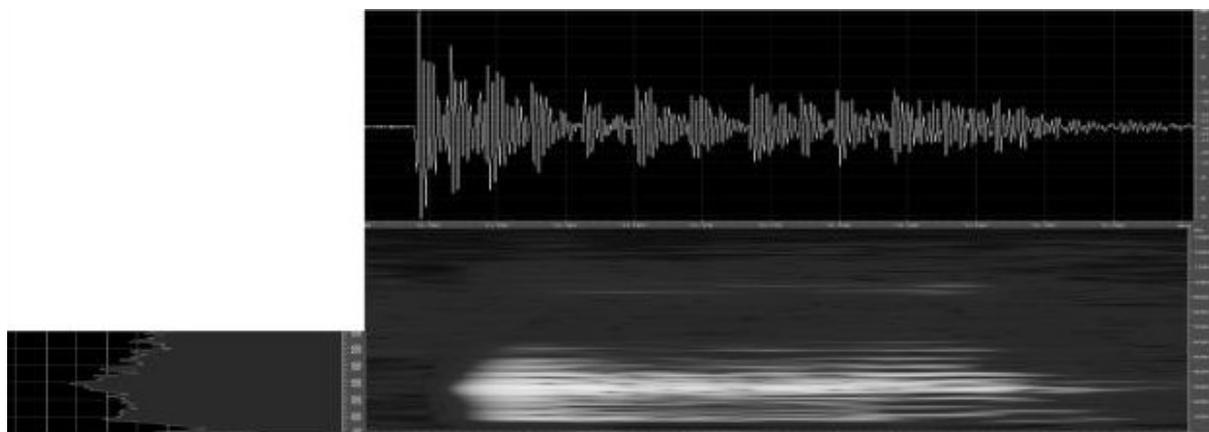
sedangkan frekuensi bawah terlihat tidak kuat dengan perbedaan energi frekuensi terhadap energi frekuensi dominan lebih dari 12 db; posisi rata-rata frekuensi bawah adalah $1205,24 \pm 93,35$ Hz dengan kisaran antara 984,30-1406 Hz.

B. Curup

Pada Gambar 6 terlihat struktur *oscillograms* nada pulsa terdapat *gap* di antara beberapa sub-nada pulsa; amplitudo pada gelombang sub-nada pulsa barisan depan tinggi kemudian menurun pada barisan belakang. *Audiospectrogram* terlihat frekuensi dominan dengan energi paling kuat berada di bagian tengah pita frekuensi, yaitu pada posisi rata-rata $2919,67 \pm 67,76$ Hz, dengan kisaran antara 2765-3046 Hz (Tabel 1), sedangkan frekuensi bawah terlihat kuat dengan perbedaan energi frekuensi terhadap energi frekuensi dominan sekitar 12 db; posisi rata-rata frekuensi bawah adalah $832,96 \pm 32,42$ Hz, dengan kisaran antara 750,00-890,60 Hz.



Gambar 5. *Oscillograms*, *audiospectrogram* dan energi frekuensi satu nada pulsa *Hylarana nicobariensis* asal Batukaru, Bali



Gambar 6. *Oscillograms*, *audiospectrogram* dan energi frekuensi satu nada pulsa *Hylarana nicobariensis* asal Curup, Bengkulu.

C. Limau Manis

Pada Gambar 7 terlihat struktur *oscillograms* nada pulsa terdapat *gap* di antara beberapa sub-nada pulsa; amplitudo pada gelombang sub-nada pulsa bermodulasi landai. *Audiospectrogram* terlihat frekuensi dominan dengan energi paling kuat berada di bagian tengah pita frekuensi, yaitu pada posisi rata-rata $3510,00 \pm 115,95$ Hz, dengan kisaran antara 3187-3796 Hz. (Tabel 1), sedangkan frekuensi bawah terlihat sangat kuat dengan perbedaan energi frekuensi terhadap energi frekuensi dominan kurang dari 12 db; posisi rata-rata frekuensi bawah adalah $1203,62 \pm 39,08$ Hz, dengan kisaran antara 1125-1312 Hz.

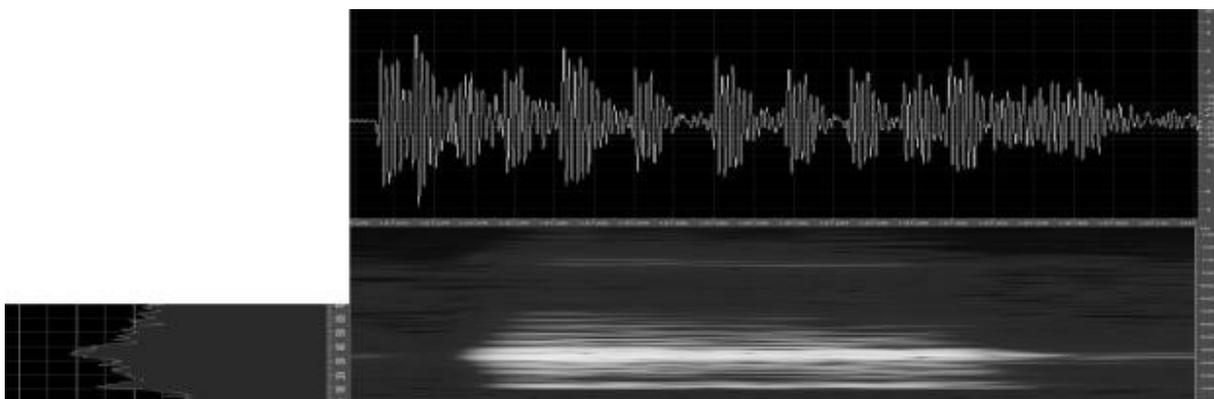
D. Curug Nangka

Pada Gambar 8 terlihat struktur *oscillograms* nada pulsa terdapat *gap* di antara beberapa sub-nada pulsa; amplitudo pada gelombang sub-nada pulsa tinggi pada barisan depan, kemudian menurun pada barisan belakang. *Audiospectrogram* terlihat frekuensi dominan dengan energi paling kuat berada di bagian tengah pita frekuensi, yaitu pada posisi rata-rata $3996,95 \pm 124,74$ Hz, dengan kisaran antara 3483-4312 Hz. (Tabel 1), sedangkan frekuensi bawah terlihat sangat kuat dengan perbedaan energi frekuensi terhadap energi frekuensi dominan kurang dari 12 db; posisi rata-rata frekuensi bawah adalah

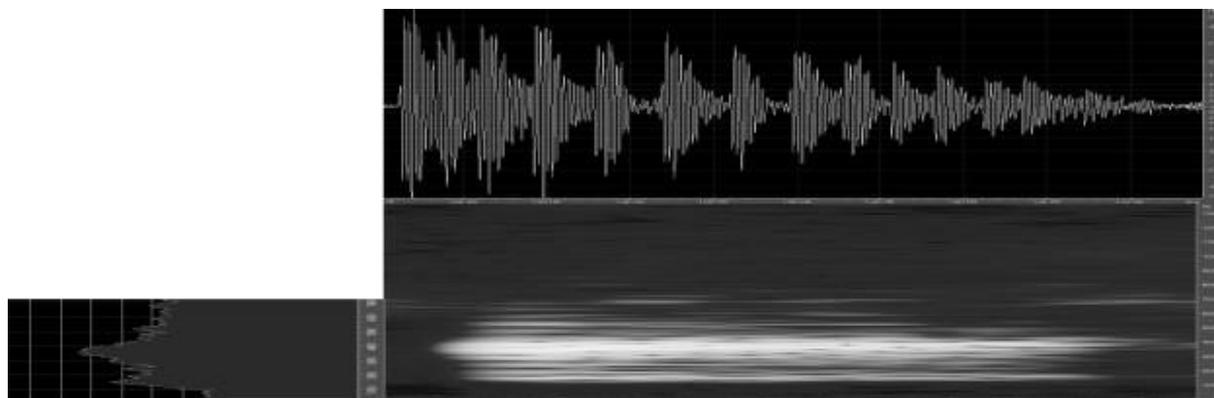
di bagian tengah pita frekuensi, yaitu pada posisi rata-rata $3622,36 \pm 110,03$ Hz, dengan kisaran antara 3421-3984 Hz. (Tabel 1), sedangkan frekuensi bawah terlihat sangat kuat dengan perbedaan energi frekuensi terhadap energi frekuensi dominan kurang dari 12 db; posisi rata-rata frekuensi bawah adalah $1505,25 \pm 70,98$ Hz, dengan kisaran antara 1078-1640 Hz.

E. Danau Ecology Park

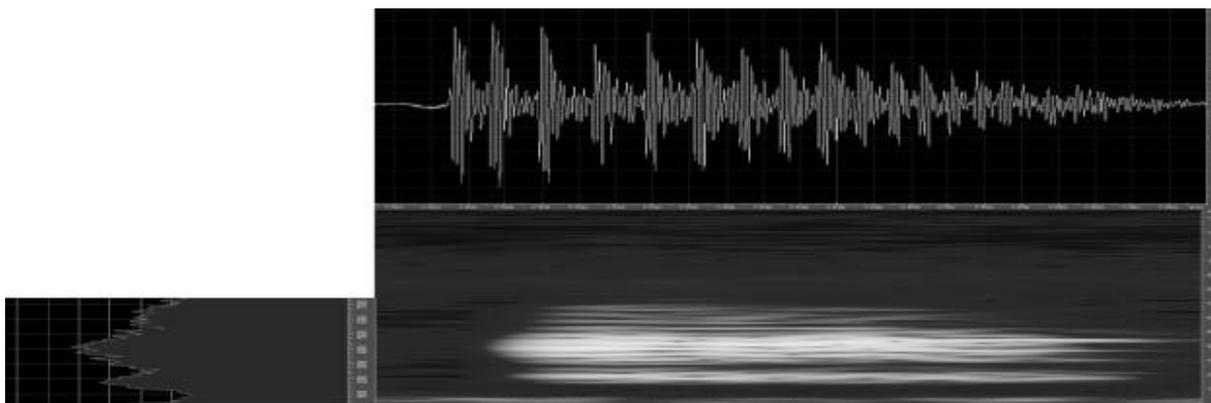
Pada Gambar 9 terlihat struktur *oscillograms* nada pulsa terdapat *gap* di antara beberapa sub-nada pulsa; amplitudo pada gelombang sub-nada pulsa tinggi pada barisan depan sampai tengah, kemudian menurun pada barisan belakang. *Audiospectrogram* terlihat frekuensi dominan dengan energi paling kuat berada di bagian tengah pita frekuensi, yaitu pada posisi rata-rata $3996,95 \pm 124,74$ Hz, dengan kisaran antara 3483-4312 Hz. (Tabel 1), sedangkan frekuensi bawah terlihat sangat kuat dengan perbedaan energi frekuensi terhadap energi frekuensi dominan kurang dari 12 db; posisi rata-rata frekuensi bawah adalah



Gambar 7. *Oscillograms*, *audiospectrogram* dan energi frekuensi satu nada pulsa *Hylarana nicobariensis* asal Limau Manis, Sumatra Barat.



Gambar 8. *Oscillograms*, *audiospectrogram* dan energi frekuensi satu nada pulsa *Hylarana nicobariensis* asal Curug Nangka, Jawa Barat.



Gambar 9. Oscillograms, audiospectrogram dan energi frekuensi satu nada pulsa *Hylarana nicobariensis* asal Danau Ecology Park Cibinong, Jawa Barat.

1692,51 ± 80,77 Hz, dengan kisaran antara 1406-1875 Hz.

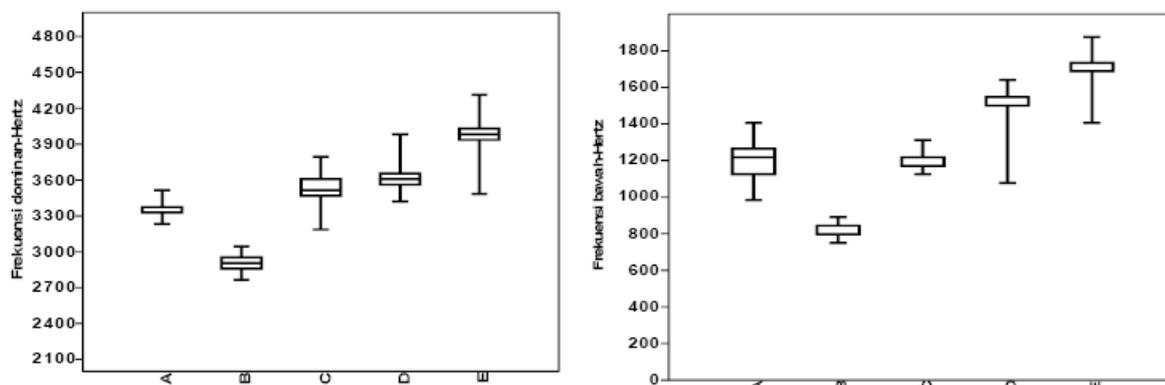
Analisis statistik yang digunakan dalam perhitungan statistik adalah *missing value analysis*, karena jumlah contoh untuk setiap populasi tidak sama. Hasil perhitungan statistik dari karakter suara panggilan pada lima populasi yang tertera pada Tabel 1 berbeda nyata pada karakter jumlah *sub-pulse/pulse* (Little's MCAR test: $\chi^2=27,189$, DF=10, p=0,002), frekuensi dominan (Little's MCAR test: $\chi^2=24,395$, DF=10, p=0,007), durasi antar *pulse* (Little's MCAR test: $\chi^2=18,191$, DF=10, p=0,052); cenderung berbeda nyata pada durasi satu *pulse* (Little's MCAR test: $\chi^2=16,596$, DF=10, p=0,084); dan tidak berbeda nyata pada frekuensi bawah (Little's MCAR test: $\chi^2=8,562$, DF=10, p=0,574). Tempo nada pulsa (*pulse rate*) yang diambil dari nilai rata-rata dari durasi antar *pulse* akan berbeda nyata di antara lima populasi, karena hasil analisis statistik dari durasi antar *pulse* adalah berbeda nyata. Jumlah *pulse*/satu suara panggilan tidak dilakukan analisis statistik, karena jumlah suara panggilan dari Batukaru hanya dua yang masing-masing terdiri dari 7 *pulse*.

PEMBAHASAN

Jumlah nada pulsa pada setiap suara panggilan dari lima populasi sangat beragam (CV>20%), kecuali untuk individu dari Batukaru (Tabel 1). Rata-rata jumlah nada pulsa/suara panggilan yang paling tinggi adalah populasi dari Curug Nangka (7,10 ± 2,36) dengan jumlah maksimum 10 nada pulsa/suara panggilan. Jumlah maksimum nada pulsa/suara panggilan dari lima populasi yang dipelajari tidak ada yang lebih dari 10, termasuk juga populasi dari Gunung Kinabalu (Malkmus *et al.* 2002), sedangkan

populasi asal Lembah Danum dapat mencapai 19 nada pulsa/suara panggilan (Jehle & Arak 1998).

Visualisasi *oscillograms*, *audiospectrogram* dan energi frekuensi satu nada pulsa dari lima populasi berbeda memperlihatkan tidak adanya karakter suara yang identik (Gambar 5-9); dari kelima populasi tersebut terdapat perbedaan pada jumlah sub-nada pulsa, modulasi frekuensi, ada tidaknya interval antar sub-nada pulsa dan perbedaan kekuatan energi frekuensi dari frekuensi dominan dan frekuensi bawah. Apakah perbedaan tersebut akibat faktor genetik atau akibat pengaruh biotik atau abiotik belum diketahui dengan pasti; tetapi hasil analisis genetik dari populasi *H. nicobariensis* asal Curug Nangka (bagian dari populasi *H. nicobariensis* di Taman Nasional Halimun-Salak) dengan populasi *H. nicobariensis* asal Danau Ecology Park memperlihatkan kedua populasi tersebut identik dengan jarak genetik sangat kecil yaitu sebesar 1,7% berdasarkan sekuen Mt-DNA *D-loop* (Astuti & Kurniati 2010); walaupun kedua populasi tersebut identik, level frekuensi dominan kedua populasi tersebut berbeda nyata, sedangkan level frekuensi bawah tidak berbeda nyata (Gambar 10). Frekuensi dominan *H. nicobariensis* berasal Danau Ecology Park adalah yang paling tinggi di antara empat populasi lainnya (Gambar 10: E). Kondisi ini mungkin disebabkan kebisingan di lingkungan sekitar danau yang disebabkan suara alat transportasi dapat mencapai level 2000 Hz, sedangkan empat populasi lainnya kecil sekali level suara bising pada lingkungan sekitar. Efek dari suara bising pada lingkungan akan berpengaruh besar pada struktur bioakustik kodok (Narins 1982); suara bising abiotik berupa suara alat transportasi berpengaruh nyata kepada struktur suara panggilan terjadi pada jenis



Gambar 10. Nilai rata-rata dan kisaran frekuensi dari frekuensi dominan (kiri) dan frekuensi bawah (kanan) dari lima populasi yang dipelajari: A: Batukaru; B: Curup; C: Limau Manis; D: Curug Nangka; E: Danau Ecology Park.

kodok *Hylarana* (= *Rana*) *taipehensis* yang hidup dekat dengan landasan pacu pesawat terbang di Thailand (Sun & Narins 2005); sedangkan efek dari suara bising biotik berupa suara serangga dapat merubah level frekuensi dominan menjadi lebih tinggi terjadi pada katak pohon *Rhacophorus edentulus* asal Sulawesi (Kurniati 2015).

Karakter jumlah *sub-pulse/pulse* dari populasi Danau Ecology Park dan populasi Curug Nangka tidak berbeda nyata, selain itu struktur *oscillograms* dan energi frekuensi kedua populasi tersebut terlihat serupa (Gambar 8 & 9); kemungkinan besar karakter tersebut bersifat genetik, karena kedua populasi identik secara genetik (Astuti & Kurniati 2010), tetapi untuk membuktikan secara pasti karakter gelombang *sub-pulse* berakar secara genetik pada struktur gelombang suara panggilan, perlu studi lebih lanjut dalam analisa genetik dari tiga populasi yang lain (Batukaru, Curup dan Limau Manis) yang mempunyai visualisasi gelombang suara panggilan berbeda dengan visualisasi gelombang suara panggilan dari populasi Danau Ecology Park dan Curug Nangka.

Tempo nada pulsa (*pulse rate*) dari populasi Danau Ecology Park dan populasi Curug Nangka berbeda nyata (Tabel 1); karakter ini banyak dipengaruhi oleh suhu lingkungan (Wells 2007), suhu lingkungan di daerah Curug Nangka lebih rendah dibandingkan suhu lingkungan di Danau Ecology Park, oleh sebab itu karakter ini tidak dapat dipakai sebagai karakter khas suara yang dapat membedakan kelima populasi *H. nicobariensis* yang dipelajari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Dr. Arjan Boonman yang telah menyumbangkan hasil rekaman suara *Hylarana nicobariensis* di Danau Ecology Park dan daerah Curug Nangka. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada Bapak Syaripudin dan Bapak Wahyu Tri Laksono yang telah banyak membantu penulis H. Kurniati selama kerja lapangan di lokasi Curug Nangka. Terakhir ucapan terima kasih diberikan kepada Eko Sulistyadi M.Si yang telah banyak membantu dalam analisis statistik.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, D. & H. Kurniati. 2010. Keragaman genetik amfibia kodok (*Rana nicobariensis*) di Ecology Park, Cibinong berdasarkan sekuen DNA dari mitokondria *d-loop*. *Jurnal Biologi Indonesia* 6(3): 405–414.
- Cocroft, RB. & MJ. Ryan. 1995. Patterns of advertisement call evolution in toads and chorus frogs. *Animal Behaviour* 49: 283–303.
- Gerhardt, HC. 1991. Female mate choice in treefrogs: static and dynamic criteria. *Animal Behaviour* 42: 615–635.
- Hammer, Ø., DAT. Harper & PD. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.html
- Howard, RD. & JR. Young. 1998. Individual variation in male vocal traits and female mating preferences in *Bufo americanus*.

- Animal Behaviour* 55:1165–1179.
- Inger, RF. 2005. *The systematics and zoogeography of the amphibian of Borneo*. Natural History Publications (Borneo). Kota Kinabalu.
- Inger, RF. & RB. Stuebing. 2005. *A field guide to the frogs of Borneo*. Natural History Publications (Borneo). Kota Kinabalu.
- Iskandar, DT. 1998. Amfibia Jawa dan Bali. Puslitbang Biologi-LIPI. Bogor.
- Jehle, R. & A. Arak. 1998. Graded call variation in the Asian cricket frog *Rana nicobariensis*. *Bioacoustics* 9(1): 35–48.
- Krebs, CJ. 1989. *Ecological methodology*. Harper & Row Publisher. New York.
- Kurniati, H. 2006. The amphibians species in Gunung Halimun National Park, West Java, Indonesia. *Zoo Indonesia* 15(2): 107–120.
- 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., W. Crampton, A. Goodwin, A. Locket & S. Sinkins. 2000. Herpetofauna diversity of Ujung kulon National Park: An inventory results in 1990. *Journal of Biological Researches* 6(2): 113–128.
- Leary, CJ. 2001. Evidence of convergent character displacement in release vocalizations of *Bufo fowleri* and *Bufo terrestris* (Anura; Bufonidae). *Animal Behaviour* 61:431–438.
- Malkmus, R., U. Manthey, G. Vogel, P. Hoffmann & J. Kosuch. 2002. *Amphibians & reptiles of Mount Kinabalu (north Borneo)*. Fuldaer Verlagsanstalt, Germany.
- McKay, JL. 2006. *A field guide to the amphibians and reptiles of Bali*. Krieger Publishing Company. Florida.
- Narins, PM. 1982. Effects of masking noise on evoked calling in the Puerto Rican coqui (Anura: Leptodactylidae). *Journal of Comparative Physiology* 147: 439–446.
- Pettitt, BA., GR. Bourne & MA. 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.
- Sun, JWC. & PM. Narins. 2005. Anthropogenic sounds differentially affect amphibian call rate. *Biological Conservation* 121: 419–427.
- Wagner, WE. & BK. Sullivan. 1995. Sexual selection in the Gulf Coast toad, *Bufo valliceps*: female choice based on variable characters. *Animal Behaviour* 49: 305–319.
- Wells, KD. 2007. *The Ecology and behavior of amphibians*. The University of Chicago Press. Chicago.
- Wei, L., L. Zhao, X. Ma, X. Fan, X. Ma & Z. Lin. 2012. Advertisement call variability in the Black-spined Toad *Bufo melanostictus* (Anura: Bufonidae) during the breeding season in Lishui, Zhejiang, China. *Asian Herpetological Research* 3(2): 157–162.
- Xiong, R., M. Matsui, K. Nishikawa & J. Jiang. 2015. Advertisement calls of two horned frogs, *Megophrys kuatunensis* and *M. huangshanensis*, from China (Anura: Megophryidae). *Current Herpetology* 34(1): 51–59.

