

Suara Kelelawar (Microchiroptera) dari Gua Gudawang, Bogor [Bats Calls (Microchiroptera) from Gudawang Cave, Bogor]

Mhd. Muhajir Hasibuan¹, Ibnu Maryanto² & Agus Priyono Kartono^{1†}

¹Fakultas Kehutanan IPB, ²Puslit Biologi-LIPI

Email: hasibuanmmh@gmail.com; ibnumaryanto@gmail.com

Memasukkan: Juli 2020, Diterima: Desember 2020

ABSTRACT

Bat identification generally uses methods that require researchers to caught bat. This method is considered to hurt bats and increase the chance of disease transmission between bats and researchers. Identification using echolocation calls is considered can reduce those impacts. Form and characters of the echolocation calls of the bat different among species, this differences can be used to identification bat. However, this method still not fully done in Indonesia because the database of calls is limited. This research aims to find out the form and characters of the bat calls as consideration in the calls identification. Bat was caught at Gudawang Cave Karst area, Cigudeg, Bogor in March-June 2018 and January-February 2020. The bats that observed i.e. *Rhinolophus affinis*, *R. Stheno*, *R. pusillus*, *Hipposideros larvatus*, *H. Diadema*, *Hipposideros sp.*, *Miniopterus australis*, *M. fuliginosus*, and *Megaderma Spasma*. Each species has a peak frequency 71.61, 86.12, 101.46, 101.21, 68.59, 86.30, 75.62, 50.18, and 42.60 kHz. Four species of them can also be distinguished by the calls character.

Keywords: Bat, Echolocation, Calls Characters.

ABSTRAK

Identifikasi kelelawar umumnya menggunakan metode yang mengharuskan peneliti melakukan penangkapan kelelawar. Metode ini dianggap dapat melukai kelelawar serta meningkatkan kemungkinan penularan penyakit antar kelelawar dan peneliti. Identifikasi menggunakan suara echolokasi dianggap mampu mengurangi dampak tersebut. Pola dan karakter suara echolokasi kelelawar berbeda antar jenisnya, perbedaan ini dapat dijadikan sebagai dasar proses identifikasi jenis. Namun demikian, metode ini belum sepenuhnya dapat dilakukan di Indonesia. Keterbatasan data dasar menjadi salah satu faktor pembatasannya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pola dan karakter suara kelelawar sebagai bahan pertimbangan dalam proses identifikasi melalui suara. Penangkapan kelelawar dilakukan di kawasan Karst Gua Gudawang, Cigudeg, Bogor pada Maret-Juni 2018 dan Januari-Februari 2020. Kelelawar yang diamati meliputi *Rhinolophus affinis*, *R. stheno*, *R. pusillus*, *Hipposideros larvatus*, *H. diadema*, *Hipposideros sp.*, *Miniopterus australis*, *M. fuliginosus*, and *Megaderma spasma*. Masing-masing jenis memiliki frekuensi puncak berturut-turut sebesar 71.61, 86.12, 101.46, 101.21, 68.59, 86.30, 75.62, 50.18, dan 42.60 kHz. Empat jenis diantaranya juga dapat dibedakan berdasarkan Karakter suara.

Kata Kunci: Kelelawar, Echolokasi, Karakter Suara

PENDAHULUAN

Kelelawar (Ordo *Chiroptera*) merupakan satu-satunya anggota kelas mamalia yang mampu terbang secara sempurna dengan menggunakan sayap (Hill & Smith 1984). Kelelawar memiliki tangan dan jari yang panjang sebagai penopang membran tipis yang digunakannya untuk terbang (Storer & Usinger 1957). Kemampuan terbang ini memungkinkan kelelawar memiliki distribusi yang luas serta relung pakan yang bervariasi (Feldhammer *et al.* 1999). Ordo *Chiroptera* dan terdiri atas 18 famili, 192 marga, dan 977 jenis (Nowak 1999 dalam

Suyanto 2001). Data terbaru dari Maryanto *et al.* (2019) menyatakan bahwa Indonesia memiliki 239 jenis Kelelawar, jumlah ini terdiri dari 81 jenis sub ordo Megachiroptera dan 158 jenis sub Ordo Microchiroptera.

Kelelawar memiliki peran penting bagi ekologi dan kelangsungan hidup manusia. Peranannya antara lain mambantu penyerbukan bunga (Maryati dkk. 2008, Soegiharto dkk. 2010) serta penyebaran biji pada beberapa jenis tumbuhan, penghasil pupuk guano, dan sebagai sumber protein maupun obat bagi beberapa masyarakat. Selain itu, kelelawar juga mampu mengendalikan hama serangga yang menimbulkan

kerusakan di lahan pertanian, perkebunan, dan hutan.

Beberapa kelelawar diketahui memiliki kemampuan echolokasi, pola dan karakter suara yang dihasilkan kelelawar dalam echolokasi berbeda-beda. Menurut Kalko *et al.* (1998), beberapa spesies memiliki echolokasi dengan intensitas yang tinggi (60-80 dB), sementara spesies lainnya menggunakan intensitas yang lebih rendah (>110 dB). Echolokasi ini digunakan untuk mengetahui keberadaan mangsa, lokasi, serta membantunya dalam bergerak (Fenton 2002).

Perbedaan pola dan karakter suara yang dihasilkan kelelawar dalam proses echolokasi dapat dijadikan sebagai dasar proses identifikasi jenis. Metode ini merupakan metode non invasif yang dapat diterapkan secara efisien di wilayah geografis yang luas. Selain itu, proses identifikasi melalui suara dianggap lebih mudah dan dapat dilakukan oleh pemula (Hundt 2012). Namun demikian, proses indentifikasi dan inventarisasi ini belum sepenuhnya dapat dilakukan di Indonesia. Keterbatasan data dasar menjadi salah satu faktor pembatasannya. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pola dan karakteristik suara kelelawar yang akan dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam proses identifikasi melalui suara.

BAHAN DAN CARA KERJA

Penangkapan kelelawar dilakukan di Kawasan Karst Gua Gudawang, Desa Argapura, Kecamatan Cigudeg, Kabupaten Bogor. Penelitian dilakukan pada bulan Maret – Juni 2018 dan Januari – Februari 2020. Kegiatan pengambilan data dilakukan pada enam Gua yaitu Gua Si Menteng, Si Masigit, Si Kondang, Legok Picung, Si Pahang, dan Si Tempok. Kelelawar yang tertangkap kemudian direkam suaranya dalam ruangan yang terbuat dari kayu lapis dengan ukuran 2 x 2 x 2 meter yang di dalamnya terpasang alat perekam dengan ketinggian 1 meter dari dasar ruangan. Perekaman suara dilakukan di laboratorium Konservasi Eksitu, Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Institut Pertanian Bogor. Alat yang digunakan untuk merekam suara

kelelawar adalah *Pettersson M500 USB Ultrasound Microphone* (Pettersson Elektronik AB 2014 *version* 1.0.0.1).

Data suara dianalisis menggunakan software *Batsound Pro version* 4.01 (Pettersson Elektronik AB). Karakter suara yang dicatat meliputi durasi (dur), frekuensi (awal (fs), maksimum (fm), dan akhir(fe)), amplitudo (maksimum (ax) dan minimum (an)), frekuensi puncak (fp), intensitas suara (is), dan frekuensi harmonik 1 (awal (fhs), maksimum (fhm), dan akhir (fhe)). Durasi suara diukur melalui tampilan spektogram, pemilihan metode tersebut dilakukan untuk memudahkan pengukuran durasi suara yang tersamarkan oleh kebisingan (noise) dari lingkungan. Pada kasus pengukuran suara kelelawar menggunakan metode ini akan lebih terukur jika dibandingkan dengan metode oscillogram karena suara yang tersamarkan oleh lingkungan umumnya memiliki oscillogram yang juga tersamar oleh *noise* yang dikeluarkannya dari lingkungan. Oleh sebab itu pengukuran durasi melalui tampilan oscillogram akan sulit dilakukan. Data yang diperoleh hasil analisis suara kemudian dianalisis menggunakan analisis uji anova ($P=0.05$) dan uji t ($\alpha=0.05$).

HASIL

Komposisi jenis kelelawar *Microchiroptera*

Jumah jenis kelelawar yang didapatkan pada enam gua di kawasan karst Gua Gudawang sebanyak sembilan jenis kelelawar *Microchiroptera* dari empat famili meliputi famili Rhinolophidae (3 jenis), Hipposideridae (3 jenis), Vespertilionidae (2 jenis), dan Megadermatidae (1 jenis). Semua jenis yang ditemukan tidak termasuk dalam daftar satwa yang dilindungi. Daftar jenis kelelawar yang ditemukan serta status perlindungannya ditampilkan pada Tabel 1.

Dari enam gua yang diamati, gua Si Menteng merupakan lokasi dengan jumlah pengoleksian kelelawar terbanyak yaitu 34 individu (4 jenis), sementara Gua si Kondang paling sedikit yaitu 7 individu (3 jenis). Jenis yang paling banyak ditemukan adalah *Rhinolopus affinis* yaitu 29 individu yang diperoleh dari enam gua. Jenis kelelawar yang

paling sedikit ditemukan adalah *Megaderma spasma* sebanyak 3 individu yang diperoleh dari dua gua. Komposisi kelelawar yang didapatkan pada masing-masing gua dapat dilihat pada Tabel 2.

Hipposideros sp. teridentifikasi secara morfologi sebagai *H. larvatus* namun analisis suara dari spesies berbeda setiap gelombang suaranya. Perbedaan yang dimaksud berupa tipe dan karakteristik suara lainnya yang membuat

kami sementara ini memisahkan kedua jenis tersebut (Gambar 1c).

Karakteristik Suara Kelelawar

Berdasarkan pengamatan suara pada sembilan jenis kelelawar didapatkan hasil bahwa kelelawar dari famili *Rhinolophidae* (*Rhinolophus affinis*, *R. pusillus*, dan *R. stheno*) dan *Hipposideridae* (*Hipposideros diadema* dan *H. larvatus*) memiliki gelombang suara

Tabel 1 Jenis Kelelawar Microchiroptera di Gua Gudawang dan status Perlindungannya

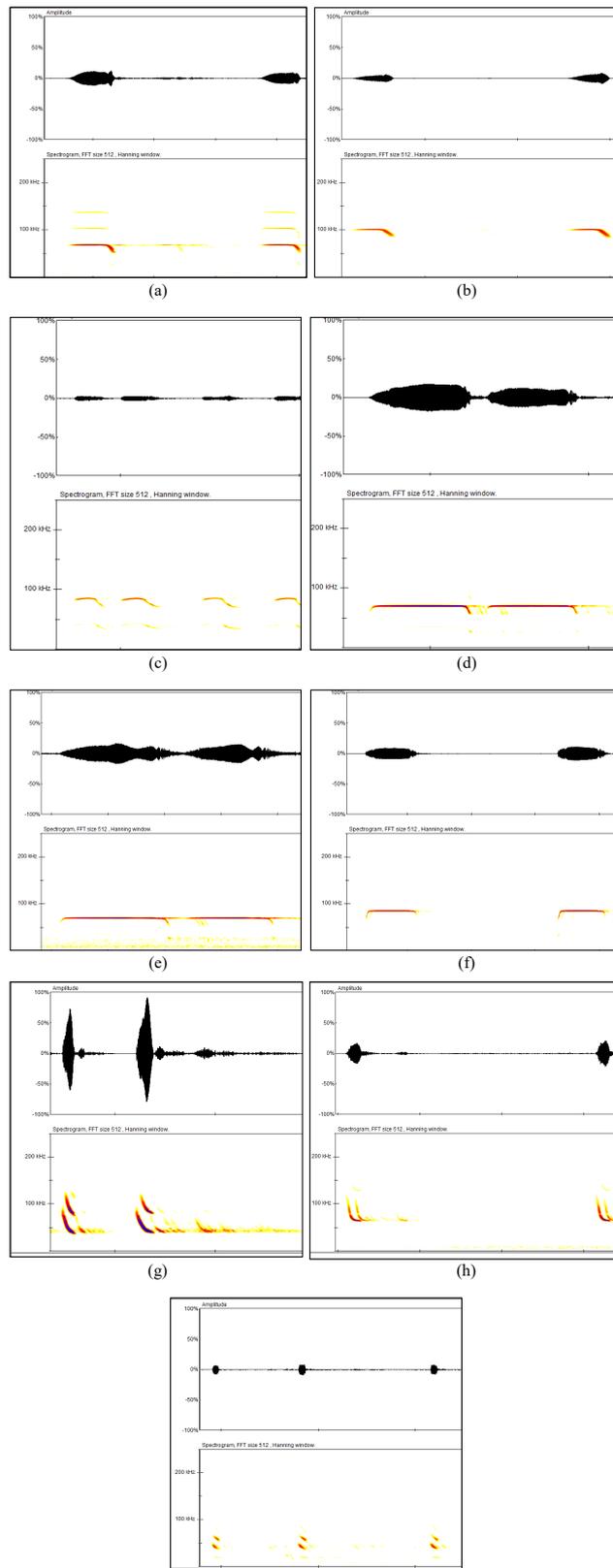
No.	Nama Jenis	Status Konservasi		
		PermenLHK*	IUCN	CITES
1	<i>Rhinolophus affinis</i> Horsfield, 1823	TD	LC	n.a
2	<i>Rhinolophus pusillus</i> Horsfield, 1823	TD	LC	n.a
3	<i>Rhinolophus stheno</i> Andersen, 1905	TD	LC	n.a
4	<i>Hipposideros diadema</i> Geoffroy, 1813	TD	LC	n.a
5	<i>Hipposideros larvatus</i> Horsfield, 1823	TD	LC	n.a
6	<i>Hipposideros</i> sp.	TD	-	-
7	<i>Miniopterus australis</i> Tomes, 1858	TD	LC	n.a
8	<i>Miniopterus fuliginosus</i> Hodgson, 1835	TD	-	n.a
9	<i>Megaderma spasma</i> H. Allen, 1864	TD	LC	n.a

Keterangan: Permen*= Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018, LC= Least Concern, n.a= non appendix.

Tabel 2: Komposisi Jenis Kelelawar Microchiroptera di Gua Gudawang

Nama Jenis	Lokasi Pengambilan Kelelawar							Jumlah
	JK	SME	SMA	SPH	SK	LP	STP	
Ra	J	7	1	9	5	-	-	22
	B	-	5	-	-	2	-	7
Rs	J	-	-	-	-	5	-	5
	B	-	-	-	-	1	-	1
Rp	J	-	-	-	1	-	5	6
	B	-	-	-	-	-	3	3
Hl	J	-	8	2	-	-	-	10
	B	2	3	-	-	-	-	5
Hd	J	-	-	-	-	4	-	4
	B	-	-	-	-	10	-	10
Hsp	J	-	1	-	-	-	-	1
	B	-	-	-	-	-	-	0
Ma	J	10	-	-	-	-	-	10
	B	3	1	-	-	-	-	4
Mf	J	9	1	-	-	-	-	10
	B	1	4	-	-	-	-	5
Ms	J	-	-	-	1	1	-	2
	B	-	-	-	-	1	-	1
Jumlah		34	23	11	7	24	8	107

Keterangan: Hd= *Hipposideros diadema*, Hl= *H. larvatus*, Hsp.= *H. larvatus* spp., Ra= *R. affinis*, Rp= *R. pusillus*, Rs= *R. stheno*, Ms= *Megaderma spasma*, Ma=*Miniopterus australis*, Mf= *M. fuliginosus*, SME= Si Menteng, SMA= Si Masigit, SPH= Si Pahang, SK= Si Kondang, LP= Legok Picung, STP= Si Tempok. J=Jantan, B= Betina.



Gambar 1: Gambar visualisasi frekuensi suara setiap spesies
Keterangan: a) *Hipposideros diadema*, b) *H. larvatus*, c) *Hipposideros sp.*, d) *Rhinolophus affinis*, e) *R. pusillus*, f) *R. stheno*, g) *Miniopterus fuliginosus*, h) *M. australis*, i) *Megaderma spasma*.

Constant Frequency (CF) (Gambar 1a sampai dengan Gambar 1f) dengan akhiran suara *Frequency Modulated* (FM). Sedangkan kelelawar dari famili *Megadermatidae* (*Megaderma spasma*) dan *Vespertilioideae* (*Miniopterus australis* dan *M. fuliginosus*) memiliki suara FM. Suara tipe CF memiliki frekuensi konstan pada frekuensi tertentu, sedangkan suara tipe FM mencakup berbagai frekuensi, suara tersebut dapat turun dari frekuensi tinggi ke frekuensi yang lebih rendah. Perbedaan tampilan tipe suara dari masing-masing jenis kelelawar ditunjukkan pada Gambar 1.

H. diadema memiliki fp (frekuensi puncak) sebesar 68.59 ± 2.04 kHz serta memiliki 2-5 *Harmonic* (Gambar 1a). *H. larvatus* memiliki fp 101.21 ± 5.07 kHz dengan 2-3 frekuensi harmonik (Gambar 1b). Sementara *Hipposideros* sp. yang secara morfologi sama dengan *H. larvatus* memiliki frekuensi max suara sekitar 86.30 ± 0.42 kHz. *Hipposideros* sp memiliki 2-3 harmonik (Gambar 1c). Perbedaan yang dimaksud pada jenis *H. larvatus* dan *Hipposideros* sp. ditunjukkan pada Gambar 1b dan Gambar 1c.

Perbedaan *Hipposideridae* (Gambar 1a sampai Gambar 1c) dengan *Rhinolophidae* adalah tidak adanya awalan suara fs (frekuensi awal), awalan fs pada *Rhinolophidae* menjadikan gelombang suara berbentuk seperti “huruf U” terbalik (Gambar 1d sampai Gambar 1f). Ketiga jenis dari famili *Rhinolophidae* memiliki frekuensi dan durasi yang berbeda. *R. pusillus* memiliki dengan fp paling tinggi dari ketiga famili *Rhinolophidae* lainnya. *R. pusillus* memiliki fp 101.46 ± 8.84 kHz, *R. Rhinolophus affinis* memiliki fp sebesar 71.61 ± 1.43 kHz. Sementara *R. stheno* memiliki fp 86.12 ± 0.37 kHz. Ketiga jenis teramati memiliki harmonik. Durasi famili *Rhinolophidae* relatif lebih panjang dibandingkan tiga famili lainnya.

Suara echolokasi *M. spasma* dan genus *Miniopterus* dapat membentuk harmonik hingga 5 lapisan (Gambar 1g dan Gambar 1h). Rentang frekuensi antar frekuensi awal (fs) dan frekuensi akhir (fe) dua jenis dari famili *Miniopterus* lebih tinggi dibandingkan *M. spasma*. Suara *M. fuliginosus* memiliki fe sebesar 41.40 ± 3.84 kHz, lebih rendah dibandingkan *M. australis* yang memiliki fe 57.40 kHz ± 8.49 . Rincian karakter suara setiap jenis ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil uji anova, karakter suara dari setiap spesies berbeda secara signifikan ($P < 0.05$). Hasil uji t terhadap karakter suara antar jenis kelamin menunjukkan bahwa durasi (dur) dan frekuensi awal (fs) *R. affinis* Jantan dan betina memiliki perbedaan yang nyata ($\alpha < 0.05$). Perbedaan suara antar jenis kelamin juga teramati pada jenis *M. australis* pada karakter frekuensi puncak (fp); *M. fuliginosus* pada karakter frekuensi awal (fs), frekuensi akhir (fe), frekuensi puncak (fp), frekuensi harmoni awal (fhs), dan frekuensi harmonik akhir (fhe); dan *M. spasma* berbeda pada karakter intensitas suara (is). Sementara itu tidak ada perbedaan yang nyata karakter suara antar jenis kelamin dari jenis *R. stheno*, *R. pusillus*, *H. larvatus*, dan *H. diadema*. Perbedaan karakter suara antar jenis kelamin setiap jenis ditunjukkan pada Tabel 4.

PEMBAHASAN

Komposisi Jenis Kelelawar

Hasil pengamatan yang dilakukan pada enam Gua ditemukan delapan jenis kelelawar (selain *Hipposideros* sp) yang seluruhnya berasal dari sub ordo *Microchiroptera* dan tidak dijumpai jenis dari sub ordo *Megachiroptera*. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa jenis-jenis kelelawar yang tergolong ke dalam sub ordo *Megachiroptera* lebih cenderung memilih lokasi bertengger di luar gua (Davison 1985 dalam Maryanto & Maharadatunkamsi 1991).

Jumlah jenis kelelawar yang ditemukan pada penelitian ini lebih sedikit dibandingkan hasil penelitian sebelumnya di lokasi yang sama. Apriandi *et. al.* (2006) menemukan sembilan jenis kelelawar di kawasan karst gua Gudawang. Perbedaan jumlah jenis ini dimungkinkan terjadi karena gua yang diamati pada penelitian ini lebih sedikit dibandingkan dengan gua yang diamati pada penelitian sebelumnya yaitu 19 gua.

Karakteristik Suara

Harmonik teramati pada suara hampir pada setiap jenis. Harmonik teramati berupa suara yang tersusun pada waktu yang sama. Suara kelelawar yang teramati memiliki dua sampai lima harmonik

Tabel 3. Karakter Suara Kelelawar

Spesies	jk	ind	rek	dur	fs	Fm	Fe	fp	is	hs	hm	he
Ra	g	29	527	28,25±7,78	61,76±3,42	72,24±0,90	54,57±2,50	71,61±1,43	26,65±5,34	27,83±1,02	35,16±0,47	24,54±1,41
	j	22	488	30,97	61,04	72,31	54,14	71,87	26,59	27,83	35,16	24,54
	b	7	39	19,74	64,77	72,02	56,44	70,8	26,86	-	-	-
Rs	g	6	121	25,85±6,33	78,79±10,72	86,33±0,64	67,22±3,22	86,12±0,37	27,34±5,85	34,02±1,67	42,75±0,18	30,13±1,29
	j	5	94	24,88	79,22	86,38	67,27	86,13	27,11	33,81	42,8	30,09
	b	1	27	30,71	76,67	86,07	66,96	86,06	28,49	34,83	42,57	30,31
Rp	g	9	69	29,24±6,21	90,94±6,43	104,81±1,67	86,41±9,19	101,46±8,84	36,66±5,83	36,64	52	34,64
	j	6	57	29,19	89,52	105,02	82,62	100,04	36,77	36,64	52	34,64
	b	3	12	29,33	93,78	104,4	94,01	104,3	36,43	-	-	-
Hl	g	15	194	6,16±0,64	-	100,65±1,35	87,19±3,62	101,21±5,07	38,43±17,78	-	101	-
	j	10	164	6,08	-	101,01	87,07	101,75	40,27	-	101	-
	b	5	30	6,32	-	99,95	87,44	100,14	34,77	-	-	-
Hd	g	14	74	10,15±3,05	-	67,97±2,03	55,37±5,65	68,59±2,04	28,15±6,40	-	34,04±0,27	24,88±1,37
	j	4	21	10,89	-	66,72	51,83	68,52	24,37	-	33,67	25,67
	b	10	53	9,86	-	68,47	57,4	68,62	29,66	-	34,13	-
Hsp	j	1	10	9,14±1,20	80,90±0,57	86,70±0,48	69,10±0,32	86,30±0,42	36,58±2,06	39,10±0,74	44,00±0,00	33,80±0,92
Ma	g	14	116	3,07±0,86	110,20±16,24	-	57,40±8,49	75,62±20,20	27,36±6,27	112,05±2,19	-	86,00±2,83
	j	10	91	3,12	111,49	-	56,71	68,24	26,18	112,05	-	86
	b	4	25	2,92	106,95	-	59,13	94,07	30,31	-	-	-
Mf	g	15	186	2,99	96,85±10,17	-	41,40±3,84	50,18±5,97	23,64±5,45	127,83±9,83	-	85,87±7,37
	j	10	162	2,91	91,97	-	39,49	47,47	22,33	132,22	-	82,19
	b	5	24	3,13	106,59	-	45,21	55,6	26,25	119,05	-	93,22
Ms	g	3	31	1,62±1,00	27,86±3,58	-	19,67±5,48	42,60±12,94	40,02±5,62	54,03±4,87	-	34,52±0,90
	j	2	18	1,62	28,84	-	21,25	41,63	36,77	57,47	-	33,88
	b	1	13	2,42	25,9	-	16,5	44,53	46,5	50,58	-	35,15
Jumlah		106		1328								

Keterangan: dur= durasi, fs= frekuensi awal, fm= frekuensi maksimum, fe= frekuensi akhir, ax= amplitudo maksimum, an= amplitudo minimum, fp= frekuensi puncak, is= intensitas suara, hs= frekuensi awal harmonik, frekuensi maksimum harmonik, he= frekuensi akhir harmonik, Ra= *Rhinolophus affinis*, Rp= *R. pusillus*, Rs= *R. stheno*, Hd= *Hipposideros diadema*, Hl= *H. larvatus*, Hsp = *H. larvatus sp.*, Ma= *Miniopterus Australis*, Mf= *M. Fuliginosus*, Ms= *Megaderma spasma*, ind= jumlah individu, gel= jumlah gelombang suara, sum= jumlah total.

Tabel 4 Taraf Signifikansi Karakter Suara Kelelawar

	Dur	Fs	fm	fe	Ax	an	fp	is	hs	hm	he
X	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	-	-	-
1	0,000*	0,028*	0,457	0,060	0,513	0,449	0,078	0,825	-	-	-
2	0,505	0,886	0,715	0,956	0,641	0,668	0,887	0,784	0,647	0,336	0,892
3	0,924	0,386	0,623	0,096	0,402	0,586	0,531	0,987	-	-	-
4	0,580	-	0,159	0,825	0,926	0,680	0,598	0,548	-	-	-
5	0,441	-	0,146	0,109	0,278	0,278	0,952	0,162	-	0,129	0,588
6	0,668	0,707	-	0,594	0,456	0,391	0,028*	0,281	-	-	-
7	0,351	0,005*	-	0,002*	0,408	0,956	0,006*	0,167	0,008*	-	0,002*
8	0,644	0,688	-	0,667	0,186	0,109	0,867	0,016*	-	-	-

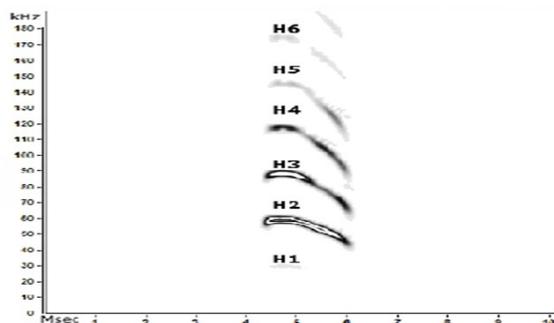
(Gambar 1). Suara dengan harmonik mampu memberikan kelelawar informasi yang lebih rinci tentang lingkungannya (Simmons dan Stein 1980). Spesies yang mencari makan di areal clutter dan menggunakan intensitas rendah cenderung menggunakan harmonik dalam suara echolokasinya (Bradbury 1970). Penggambaran harmonik suara kelelawar ditampilkan pada Gambar 2.

Suara *H. diadema* diamati dapat membentuk empat harmonik dengan frekuensi gelombang CF masing-masing Harmonik-1, Harmonik-2 dan seterusnya berturut-turut yaitu 34.0 kHz, 87.4 kHz, 137.4 kHz, dan 172.5 kHz. Sementara *H. larvatus* teramati tidak memiliki Harmonik.

Frekuensi suara *H. diadema* yang diamati hampir sama dengan karakteristik suara *H. diadema* yang diamati di Guadalcanal, Kepulauan Salomon (fm 66.2 kHz, fp 65.92 kHz), namun berbeda dengan suara dari jenis serupa yang ditemukan di bagian barat yaitu Choiseul dan kepulauan New Georgia serta Papua Nugini (fm 59.3 kHz, fp 59.18 kHz) (Pennay & Lavery 2016).

H. larvatus memiliki F_{max} 100.8 kHz dan F_{min} 85.9 kHz (fp 99.7 kHz) dengan durasi rata-rata selama 6 ms. Berbeda dengan *Hipposideros* sp yang memiliki durasi 9.1 ms dengan fm 86.7 kHz dan fe 69.1 kHz (fp 85.3 kHz). *Hipposideros* sp mempunyai tiga harmonik yang semakin membedakannya dengan jenis *H. larvatus*.

Penelitian Thabah et al. (2005) di gua Tem-dibai menemukan dua kelompok *H. larvatus* di gua tersebut yaitu *H. larvatus* yang mengeluarkan suara dengan frekuensi 80.7-85.9 kHz dan 92-102 kHz. Menurutnya kedua jenis ini kemungkinannya berbeda atau salah satunya sedang



Gambar 2. Harmonik dalam analisis gelombang suara kelelawar (Pennay & Lavery 2016)

berkomunikasi secara intraspesifik.

Rhinolopidae memiliki durasi paling panjang dibandingkan dengan famili lainnya. Jenis yang paling mendekati adalah *H. diadema* dengan durasi hanya 11.8 ms. Suara dari famili Rhinolophidae diketahui dapat mencapai 100 ms dan sangat jarang dibawah 10 ms, sedangkan Hipposideridae memiliki suara berdurasi 5-10 ms (Gustafson & Schnitzler 1979; Grinnell & Hagiwara 1972). Durasi panjang suara tipe CF dapat meningkatkan akurasi dari navigasi kelelawar untuk mengidentifikasi habitat yang lebat (Grinnell 1995). Kemampuan menghasilkan suara CF berdurasi panjang ini didukung oleh struktur lapisan dalam larynx yang tipis dan fleksibel sehingga membran *avoccalis* dapat bergetar dengan frekuensi yang tinggi dan kuat (Rachman et al. 2014).

Menurut Saveng et al. (2016) Frekuensi yang digunakan oleh *R. affinis* berkisar antara 62.3-82.3 kHz meliputi Jawa tengah 81.8 kHz, Sarawak 68.9 kHz, Sumatra 74.2 kHz, Malay Peninsula bagian selatan 77.8 kHz, dan Malay Peninsula bagian utara 71.2 kHz. *R. affinis* pada penelitian ini lebih mirip dengan Malay Peninsula bagian utara dan Sumatra (Lampung) dari pada suara *R. affinis* dari Jawa Tengah. Hal ini mengindikasikan bahwa letak geografis tidak terlalu mempengaruhi karakteristik suara.

R. pusillus memiliki frekuensi suara mencapai 104.30 kHz, hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Dejtaradol (2009) yang menyatakan bahwa frekuensi maksimum *R. pusillus* di Thailand berkisar antara 98.9-105.2 kHz. namun berbeda dengan *R. pusillus* di Nepal yang memiliki frekuensi suara dengan F_{maks} sekitar 80 kHz (SMRCF 2018). Selain karakter tengkorak dan daun hidung (Saveng et al. 2016), faktor ketinggian dan curah hujan juga dapat mempengaruhi frekuensi suara kelelawar. Heller (1987) menyebutkan bahwa semakin rendah *altitude* maka akan semakin rendah frekuensi yang dipancarkan. Ditambahkan oleh Jiang et al. (2010), frekuensi yang dipancarkan *R. pusillus* berbanding lurus terhadap rata-rata curah hujan tahunan di tempat tersebut.

R. steno memiliki rata-rata frekuensi lebih tinggi dari *R. affinis* namun lebih rendah

daripada *R. pusillus* yaitu 85.3 kHz. Hasil ini sejalan dengan penelitian Soisook *et al.* (2008) yang menyatakan bahwa *R. stheno* di Peninsular Thailand memiliki frekuensi antara 85-88 kHz.

Kelelawar dengan suara berupa *frequency modulated* (FM) umumnya memiliki durasi yang rendah yaitu 0.8 - 1.2 ms (Grinnell & Hagiwara 1972). Suara *M. australis* dan *M. fuliginosus* dari famili Vespertilionidae memiliki bentuk “*Right-angled (R)*” dalam kategori Oliviera (1998). *M. fuliginosus* memiliki 2-5 harmonik dengan frekuensi awal dan akhir berturut-turut yaitu 96.85-41.40, 85.87-127.83, 119.5-164.7, 164-209.3, dan 206.3-239.6 kHz. jenis ini memiliki suara dengan durasi yang relatif singkat yaitu hanya 2.99 ms.

M. australis memiliki dua harmonik dengan frekuensi awal dan akhir sebesar 110.20-57.40 dan 112.05-86.00 kHz dengan panjang durasi suara sebesar 3.07 ms. Durasi suara *M. australis* yang diamati memiliki durasi yang relatif pendek dibandingkan Famili *Hipposideridae* dan *Rhinolophidae* (Gustafson & Schnitzler 1979; Grinnell & Hagiwara 1972). Menurut Simmons *et al.* (1979), beberapa spesies Microchiroptera dapat dipisahkan berdasar durasi suara, meski durasi suara mungkin saja berubah selama tahap memangsa serangga. Ditambahkan lagi oleh Obrist *et al.* (2004), *Miniopterus* memiliki plastisitas sinyal echolokasi yang tinggi sehingga mampu memanjangkan durasi suaranya. Menurut Rachman *et al.* (2014) variasi durasi pada suara *M. australis* dipengaruhi oleh luas dan kondisi habitatnya.

Megaderma spasma memiliki tipe suara FM atau lebih tepatnya “*Linear (L)*” mengacu pada kategori Oliviera (1998). Menurut Hughes *et al.* (2011). *M. spasma* merupakan kelompok *Short Multiharmonic FM Calls*. Pengelompokan ini karena suaranya merupakan tipe FM, serta tersusun dari beberapa harmonik dengan durasi yang singkat. Jenis ini teramati memiliki 2-5 harmonik. Rataan frekuensi awal dan akhir masing-masing harmonik tersebut secara berturut-turut adalah 27.86-19.67, 54.03-34.52, 73.5-52.02, 89.81-70.53, dan 106.52 - 91.64 kHz. Gelombang suara *M. spasma* memiliki panjang durasi sebesar 1.64 ms. Hasil ini sesuai dengan Raghuram *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa F_{max} *M. spasma* adalah 106.6 ± 5.3 dan

F_{min} 30.2 ± 8.3 kHz.

Perbedaan suara kelelawar yang teramati terjadi antar jenis menunjukkan bahwa metode identifikasi dan inventarisasi kelelawar berdasarkan suara echolokasi sangat mungkin dilakukan, khususnya kelelawar insektivora. Perbedaan suara echolokasi tidak hanya teramati pada jenis yang berbeda, namun juga antar jenis kelamin dari jenis yang sama. Perbedaan teramati pada empat dari delapan spesies (selain *Hipposideros* sp). Temuan ini mengindikasikan bahwa inventarisasi kelelawar melalui suara tidak hanya memberi informasi terkait jenis kelelawar pada suatu habitat, namun juga jenis kelamin kelelawar dalam habitat tersebut.

KESIMPULAN

Sembilan jenis kelelawar yang diperoleh dari areal Karst Gua Gudawang dapat dibedakan berdasarkan tipe dan karakter suara. Famili *Rhinolophidae* memiliki suara CF dengan awalan dan akhiran suara FM, famili *Hipposideridae* memiliki suara CF dengan akhiran suara FM, sedangkan suara genus *Miniopterus* dan *Megaderma spasma* memiliki suara FM. Karakter suara setiap jenis kelelawar teramati berbeda meliputi durasi, frekuensi awal (fs), frekuensi maksimum (fm), dan frekuensi akhir (fe), frekuensi puncak (fp), intensitas suara (is), frekuensi harmonik awal awal (fhs), frekuensi harmonik maksimum (fhm), dan frekuensi harmonik akhir (fhe). Selain dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis, metode identifikasi melalui suara echolokasi juga dapat membedakan jenis kelamin dari jenis yang sama pada empat jenis yang diamati yaitu *R. affinis*, *M. australis*, *M. fuliginosus*, dan *M. spasma*.

KONTRIBUSI PENULIS.

Penulis naskah ini memiliki kontribusi penulisan yang sama. Naskah ini kami tulis dan diselesaikan sebelum Dr. Agus Priyono Kartono meninggalkan kita semua menuju Tuhan Yang Maha Esa dan semoga almarhum dapat diterima disisiNya AMIN.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriandi, J., AP. Kartono, & I. Maryanto. 2006. Kelelawar penghuni Goa Berikut Kondisi fisik Mikroklimat: Kasus Goa Gudawang Bogor. Dalam: Maryanto, I., M. Noerdjito, R. Ubaidillah (eds.). *Managemen Bioregional, Karst Masalah dan Pemecahannya, dilengkapi dengan kasus Jabodetabek*. Puslit Biologi-LIPI. 303-308.
- Bradbury, JW. 1970. Target discrimination by the echolocating bat. *Vampyrum spectrum. Journal of Experimental Zoology* 173: 23-46.
- Dejtaradol, A. 2009. Taxonomic Review of *Rhinolophus pusillus* and *Rhinilophus lepidus* (Chiroptera: Rhinolophidae) in Thailand [thesis]. Songkhla (TH): Prince of Songkla University.
- Feldhammer, GA, LC. Drickamer, SH. Vessey, & JF. Merritt. 1999. *Mammalogy: adaptation, diversity, and ecology*. Pennsylvania (US): The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Fenton, MB. 2002. Bat Natural History and Echolocation [proceeding]. Di dalam: Brigham RM, Elisabeth KV, Kalko, Jones G, Parsons S, Limpens HJ, editor. *Bat Echolocation Research: tools, techniques, and analysis*; 2002; Austin, Texas. Austin (US): Bat Conservation International. hlm 2-6.
- Grinnell, AD. 1995. Introduction. dalam: Popper AN, Fay RR. (Ed). *Hearing by Bats*. New York (US): Springer-Verlag Inc.
- Grinnell, AD., & S. Hagiwara. 1972. Adaptation of the auditory nervous system for echolocation: studies of New Guinea Bats. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie* 76: 41-81.
- Gustafson, Y., & HU. Schnitzler. 1979. Echolocation and obstacle avoidance in the Hipposiderid bat *Asellia tridens*. *Journal of Comparative Physiology* 131: 161-167.
- Heller, KG. 1987. Echolocation calls of Malaysian Bats. *Z. Säugetierkunde* 54. Hamburg (DE): 1-8.
- Hill, JE., & JD. Smith. 1984. *Bats, a Natural History*. Austin (US): Univ Texas Pr.
- Hughes, AC., C. Satasook, PJ. Bates, P. Soisook, T. Sritongchuay, G. Jones, & S. Bumrungsri. 2011. Using echolocation to identify Thai bat species: Vespertilionidae, Emballonuridae, Nycteridae, and Megadermatidae. *Acta Chiropterologica* 13 (2): 447-455.
- Hundt, L. 2012. *Bat Surveys: Good Practice Guidelines, 2nd edition*. London (UK): Bat Conservation Trust.
- Jiang, T., W. Metzner, Y. You, S. Liu, G. Lu, S. Li, & L. Wang. 2010. Variation in the resting frequency of *Rhinolophus pusillus* in mainland China: Effect of climate and implication for conservation. *Journal Acoustic Society of America* 128(4): 2204-2211.
- Kalko, EK., HU. Schnitzler, I. Kaipf, & AD. Grinnell. 1998. Echolocation and foraging behavior of the lesser bulldog bat, *Noctilio albiventris*: predation for piscivory?. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 41: 305-319.
- Maryanto, I., & Maharadatunkamsi. 1991. Kecenderungan jenis-jenis kelelawar dalam memilih tempat bertengger pada beberapa goa di Kabupaten Sumbawa, Pulau Sumbawa. *Media Konservasi* 3 (3): 29-34.
- Maryanto, I., Maharadatunkamsi, AS. Achmadi, S. Wiantoro, E. Sulistyadi, M. Yoneda, A. Suyanto, & J. Sugardjito. 2019. *Checklist of The Mammals of Indonesia: Scientific, English, Indonesian Name and Distribution Area Table in Indonesia Including CITES, IUCN, and Indonesian Category for Conservation*. Bogor. Research Centre for Biology. Indonesian Institute of Sciences (LIPI)
- Maryati, AP. Kartono & I. Maryanto 2008. Kelelawar Pemakan Buah Sebagai Polinator yang Diidentifikasi Melalui Polen yang Digunakan Sebagai Sumber Pakannya di Kawasan Sektor Linggarjati, Taman Nasional Ciremai Jawa Barat. *Jurnal Biologi Indonesia* 4 (5): 335 - 348
- Obrist, MK., R. Boesch, & PF. Flückiger. 2004. Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences,

- limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach. *Mammalia* 68(4): 307-322.
- Pennay, M., & T. Lavery. 2016. *Identification Guide to Bat Echolocation Calls of Solomon Island & Bougainville*. Guadalcanal (AU).
- Rachman, A., J. Sugiyanto, L. Nurhidayat, A. Nuriliani, AA. Rofioh, A. Hermawan, & R. Narulita. 2014. Tipe echolokasi serta Struktur Larynx pada *Miniopterus* dan *Rhinolophus*. *Biosfera* 31(3): 85-87.
- Raghuram, H., M. Jain, & R. Balakrishnan. 2014. Species and acoustic diversity of bats in a palaeotropical wet evergreen forest in southern India. *Current Science* 107 (4).
- Saveng, I., S. Bumrungsri, NM. Thomas, PJ. Bates, A. Demian, Willette, FA. Khan, M. Wonglapsuwan, P. Soisook, I. Maryanto, JC. Huang, & NM. Furey. 2016. Geographical variation of *Rhinolophus affinis* (Chiroptera: Rhinolophidae) in the Sundaic subregion of Southeast Asia, including the Malay Peninsula, Borneo and Sumatra. *Acta Chiropterologica* 18 (1): 141-161.
- Simmons, JA., MB. Fenton, & MJ. O'Farrel. 1979. Echolocation and the pursuit of prey by bats. *Science* 203: 16-21.
- Simmons, JA., & RA. Stein. 1980. Acoustic imaging in bat sonar: Echolocation signals and the evolution of echolocation. *Journal of Comparative Physiology* 135:61-84.
- [SMCRF] Small Mammals Conservation Research Foundation. Nepal Bat Call Library. <http://smcrf.org/resource/nepalbatcall/> [Juni 4 2018].
- Soegiharto, S. AP. Kartono, & I. Maryanto 2010. Pengelompokan Kelelawar Pemakan Buah dan Nektar Berdasarkan Karakteristik Jenis Pakan Polen di Kebun Raya Bogor, Indonesia. *Jurnal Biologi Indonesia* 6(2): 225 - 235.
- Soisook, P., S. Bumrungsri, CS. Satasook, VD. Thong, SH. Bu, DL. Harrison, & PJ. Bates. 2008. A taxonomic review of *Rhinolophus steno* and *R. malayanus* (Chiroptera: Rhinolophidae) from continental Southeast Asia: an evaluation of echolocation call frequency in discriminating between cryptic species. *Acta Chiropterologica* 10 (2): 221-242.
- Storer, TI., RL. Usinger. 1957. *General Biology: Third Edition*. New York (US): McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Suyanto, A. 2001. *Seri Panduan Lapangan: Kelelawar di Indonesia*. Bogor (ID): Balai Penelitian dan Pengembangan Zoologi.
- Thabah, A., SJ. Rossiter, T. Kingston, S. Zhang, S. Parsons, KM. Mya, A. Zubaid, & G. Jones. 2005. Genetic divergence and echolocation call frequency in cryptic species of *Hipposideros larvatus s.l.* (Chiroptera: *Hipposideridae*) from the Indo-Malayan region. *Biological Journal of the Linnean Society* 88: 119-130.