

Keragaman Suara Tonggeret dan Jangkrik di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango

Sound Variety of Cicada and Cricket at Gunung Gede Pangrango National Park

JUNIARTO GAUTAMA SIMANJUNTAK, MEGA PUTRI AMELYA, FITRI NUR'AENI, RIKA RAFFIUDIN*

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

Diterima 31 Mei 2020/Disetujui 2 Oktober 2020

Indonesia is a biodiversity country and has much of samples of bioacoustics but there are no bioacoustics data collected and saved to be referred. Bioacoustics is a study of frequency range, sound amplitude intensity, sound fluctuation, and sound patterns. It is very useful to study more about population presumption and species determination. This insect bioacoustics research is done at Gunung Gede Pangrango National Park and aims to analyse variety of sound frequency of cicada and cricket. Methods which are used are recording the sounds, editing and analyzing the record result with Praat and Raven Lite 2.0 softwares, and analysing the environment. Analysing the sounds which is done is to find maximum frequency, minimum frequency, and average frequency. The result of the sounds analysis is compared to database in *Singing Insect of North America* (SINA). Environmental analysing includes temperature, air humidity, and light intensity. There are nine cicada sound recording files and twenty four cricket sound recording files. Cicada has high sound characteristic (9,168.2 Hz) and cricket has low sound characteristic (3,311.80 Hz). Comparison to *Singing Insect of North America* (SINA) database shows that the cicada's sound is resemble to *Tibicen marginalis* and the cricket's sound is resemble to *Grylodes sigillatus*.

Key words: Bioacoustics, Cicada, Cricket, SINA, Sound

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan kekayaan sumber daya alam yang melimpah dengan tingkat keragaman yang tinggi, salah satunya serangga. Bioakustik merupakan suatu ilmu yang mempelajari kisaran frekuensi suara, intensitas amplitudo suara, fluktuasi suara, dan pola-pola suara (Simmonds dan MacLennan 2006). Serangga merupakan salah satu hewan yang mampu menghasilkan dan menerima suara untuk komunikasi. Komunikasi pada beberapa kelompok serangga memiliki peranan penting, umumnya digunakan untuk komunikasi antar atau intra spesies seperti mencari pasangan, peringatan, pertahanan, atau mengkoordinasikan kerja kelompok dan interaksi sosial yang kompleks pada serangga-serangga sosial (Drosopoulos dan Claridge 2006). Serangga memiliki cara menghasilkan suara dan organ penghasil suara yang berbeda-beda tiap jenisnya (Randall *et al.* 2002). Serangga menghasilkan suara

melalui beberapa cara: (1) menggesekkan bagian tubuh serangga dengan bagian tubuh lainnya, misalnya pada jangkrik rumah, *Acheta domesticus*; (2) menggesekkan bagian tubuh dengan substrat seperti pada belalang daun (katydid), *Neoconocephalus retusus* (Cocroft dan Rodriguez 2005); (3) menghasilkan suara dari kantung udara seperti pada tonggeret.

Tipe suara yang berbeda pada tiap serangga dapat digunakan dalam pengenalan spesies dan pendugaan populasi di alam. Penelitian bioakustik di Indonesia saat ini masih sangat sedikit yang menguji, khususnya bioakustik serangga. Penelitian ini perlu dilakukan untuk memperkaya *database* suara, sehingga dapat digunakan untuk pengenalan spesies dan pendugaan populasi. Jangkrik (Ordo Orthoptera) akan menghasilkan suara dengan membuka dan menutupkan kedua sayap depannya secara serentak dan sebagian besar energi akustik dihasilkan ketika hentakan sayap menutup (*closing stroke*) (Montealegre *et al.* 2011). Satu sapuan *file* pada jangkrik menciptakan satu suara *pulse* atau *syllable*. Suara yang dihasilkan tonggeret (Ordo Hemiptera) jantan berasal dari organ spesial yang

*Penulis korespondensi:
E-mail: rraffiudin@gmail.com

disebut *tymbals*, yang terletak di sisi atas abdomen. *Tymbals* merupakan suatu struktur modifikasi dari eksoskeleton yang berbentuk tipis dan dilengkapi dengan aparatus serupa sisir tebal (Hidayati dan Subiantoro 2014). Suara-suara tonggeret dihasilkan dari getaran bebas *tymbals* saat tonggeret dalam posisi beristirahat dan tertekuk (Pringle 1954). Jenis struktur dan pergerakan timbal serta resonansi yang berbeda-beda menyebabkan berbagai variasi suara tonggeret (*cicada calls*) (Grimaldi dan Engel 2005).

Secara geografis Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP) terletak antara 106°51' - 107°02' BT dan 6°41' - 6°51' LS. Secara administratif Taman Nasional ini termasuk dalam wilayah tiga kabupaten di provinsi Jawa Barat, yaitu Kabupaten Bogor, Kabupaten Sukabumi dan Kabupaten Cianjur. Kawasan hutan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango ditetapkan sebagai Taman Nasional berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan RI No SK.3683/Menhut-VII/KUH/2014 tanggal 8 Mei 2014 seluas 24270.80 Ha. Topografi kawasan di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango berupa pegunungan dengan ketinggian antara 1,000-3,019 meter di atas permukaan laut. Curah hujan rata-rata berkisar antar 3,000-4,200 mm per tahun. Penelitian ini bertujuan menganalisis perbedaan frekuensi suara pada tonggeret dan jangkrik di kawasan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango.

BAHAN DAN METODE

Metode Pengambilan Data. Mikrofon didekatkan ke arah sumber suara serangga pada saat memulai perekaman. Perekaman dapat dihentikan, jika terdengar suara lain yang mengganggu (*noise*). Keadaan lingkungan diukur dengan menggunakan alat *Environment Meter* yang sudah dilengkapi dengan 4 sensor berupa intensitas cahaya, suhu, suara, dan kelembaban.

Analisis Data Akustik. Data suara yang terekam diolah dengan software Praat dan Raven 2.0. Suara diinput ke dalam Praat dengan perintah *open read from file* dan pilih rekaman sampel yang akan dianalisis, dipotong dan dibersihkan dari *noise*. Pengaturan frekuensi diatur pada rentang 20 sampai 20,000 Hz. Frekuensi minimum, maksimum, dan rata-rata diperoleh dari menu bar *pitch*. File suara yang telah bersih disimpan dengan format .wav. Kemudian file tersebut dibuka di dalam software Raven 2.0 dengan menu file lalu pilih *open sound file* untuk diatur kualitas gambar dari gelombang suaranya. Setelah itu file gambar tersebut disimpan dengan format .jpeg. Pada menu file lalu pilih *export image of* dan *all views of window "sound 1"*. Hasil analisis bioakustik serangga dibandingkan dengan

database bioakustik dari penelitian sebelumnya. Suara serangga dibandingkan dengan *database* yang terdapat di *Singing Insect of North America* (SINA). Serangga tonggeret dan jangkrik yang diperoleh dari Taman Nasional Gunung Gede Pangrango diidentifikasi hingga tingkat famili, Laboratorium di Divisi Biosistematika dan Ekologi Hewan, Institut Pertanian Bogor menggunakan buku Triplehorn dan Johnson (2005).

HASIL

Hasil rekaman yang diperoleh berjumlah 9 file rekaman suara tonggeret dan 24 file rekaman suara jangkrik. Rekaman dari tempat penelitian dibawa ke Departemen Biologi Institut Pertanian Bogor untuk dianalisis. Hasil seleksi suara dipaparkan pada Tabel 1. Beberapa file rekaman suara tonggeret dan suara jangkrik didapati memiliki pola yang berbeda. Beberapa file rekaman suara lainnya tidak dapat dianalisis karena terdapat gangguan suara lain (*noise*). Spesimen tonggeret dan jangkrik yang didapat dari Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP) juga diidentifikasi hingga tingkat famili. Identifikasi dilakukan pada Laboratorium di Divisi Biosistematika dan Ekologi Hewan, Institut Pertanian Bogor menggunakan buku identifikasi.

Keadaan lingkungan di TNGGP diukur dengan menggunakan alat *Environment Meter* yang memiliki empat sensor yaitu intensitas cahaya, suhu suara, dan kelembaban udara. Pengambilan suara tonggeret dilakukan pada pagi, siang, dan sore hari, sedangkan suara jangkrik diambil pada malam hari. Kelembaban di sekitar wisma penginapan, lapangan golf, dan danau Mandalawangi sebesar 54.0-54.1% pada siang hari dan 62.3-73% pada malam hari. Suhu di sekitar wisma penginapan, lapangan golf, dan danau Mandalawangi yaitu 25.2°C pada siang hari dan 17.32°C pada malam hari, sedangkan di jalur pendakian air terjun Cibereum bersuhu 20.6°C pada siang hari. Intensitas cahaya di parkir wisma TNGGP cukup tinggi yaitu 1,557, sedangkan di hutan Mandalawangi dan jalur air terjun Cibereum cukup rendah yaitu 937, karena tertutupi kanopi pohon (Tabel 2).

Hasil rekaman suara tonggeret yang dapat dianalisis berjumlah enam file tipe suara tonggeret, yaitu satu tipe suara *echeme* kontinyu dan lima tipe suara dengan *echeme* putus-putus (Tabel 3). Tonggeret memiliki karakter suara yang tinggi dengan frekuensi rata-rata dari tipe suara satu sampai tipe suara enam yaitu 9168.20, 9112.07, 9119.37, 6541.51, 4808.89, dan 5881.36 Hz. Frekuensi minimum dari tipe suara satu sampai tipe suara enam yaitu 8831.41, 8912.26, 8926.47, 4142.85,

Tabel 1. Database suara, lokasi, dan keadaan lingkungan

Spesies serangga	File rekaman	Lokasi	Waktu	Tanggal	Data lingkungan		
					RH (%)	Suhu (°C)	Lux
Tonggeret	080101-002	Parkiran wisma TNGGP	09:11	30/07/2018	54.0	28.4	1,557
Tonggeret	080101-007(1)	Hutan Mandalawangi	10:14	30/07/2018	54.1	24.4	520
Tonggeret	080101-007(2)	Hutan Mandalawangi	10:14	30/07/2018	54.1	24.4	520
Tonggeret	080101-013(1)	Hutan lebih dalam	10:52	30/07/2018	54.1	24.4	520
Tonggeret	080101-013(2)	Hutan lebih dalam	10:52	30/07/2018	54.1	24.4	520
Tonggeret	080101-066	Jalur Cibeureum	09:38	31/07/2018	70.9	20.6	485
Jangkrik	080101-026	Samping Galeri Korea	20:28	30/07/2018	62.3	17.8	0
Jangkrik	080101-029	Dekat Danau Mandalawangi	20:46	30/07/2018	62.3	17.8	0
Jangkrik	080101-40(1)	Belakang wisma asrama	21:18	30/07/2018	73.3	17.0	0
Jangkrik	080101-40(2)	Belakang wisma asrama	21:18	30/07/2018	73.3	17.0	0
Jangkrik	080101-44	Lapangan Golf	21:29	30/07/2018	73.3	17.0	0
Jangkrik	080101-59	Jalur Cibeureum	08:54	31/07/2018	67.1	21.5	937

Tabel 2. Data lokasi pengambilan suara

Lokasi	S	E	Elevasi (m)	Gambar
Parkiran wisma TNGGP	6°44'12"	107°00'18"	1,326	
Hutan mandalawangi titik ke-1	6°44'13"	107°00'09"	1,351	
Hutan mandalawangi titik ke-2	6°44'12"	107°00'08"	1,353	
Blok Damar	6°44'31"	107°00'19"	1,940	
Samping galeri korea	6°44'36"	107°00'22"	2,280	
Danau Mandalawangi	6°44'30"	107°00'22"	1,890	
Belakang wisma asrama	6°44'14"	107°00'17"	1,330	

Tabel 2. Lanjutan

Lokasi	S	E	Elevasi (m)	Gambar
Lapangan golf	6°44'32"	107°00'16"	1,910	
Jalur Cibeureum 1	6°44'43"	106°59'30"	1,537	
Jalur Cibeureum 2	6°44'52"	106°59'22"	1,582	

Tabel 3. Tipe suara, karakter suara, durasi, dan *echeme* tonggeret

Tipe suara	Nama file	Tanggal	Waktu (WIB)	Karakter suara	Durasi rekaman	<i>Echeme</i>	Jumlah <i>echeme</i> dalam 10 detik
1	080101-002	30/07/2018	09:11	Tinggi	00:39	Kontinyu	-
2	080101-007 (1)	30/07/2018	10:14	Tinggi	00:20	Putus	10
3	080101-007 (2)	30/07/2018	10:14	Tinggi	00:20	Putus	3
4	080101-013 (1)	30/07/2018	10:52	Tinggi	01:31	Putus	14
5	080101-013 (2)	30/07/2018	10:52	Tinggi	01:31	Putus	28
6	080101-066	31/07/2018	09:38	Tinggi	00:17	Putus	4

4518.47, dan 4093.97 Hz. Frekuensi maksimum dari tipe suara satu sampai tipe suara enam yaitu 9496.64, 9331.99, 9296.71, 9781.58, 5261.36, dan 9690.80 Hz (Tabel 4).

Hasil identifikasi serangga tonggeret dan jangkrik yang didapat dari Taman Nasional Gunung Gede Pangrango menunjukkan bahwa tonggeret tersebut termasuk ke dalam Famili Cicadidae dan jangkrik yang didapat termasuk ke dalam Famili Gryllidae.

Hasil rekaman suara jangkrik yang dapat dianalisis berjumlah enam tipe suara, seluruhnya bertipe suara *echeme* putus-putus (Tabel 5). Frekuensi rata-rata dari tipe suara satu sampai tipe suara enam yaitu 3311.80, 4945.59, 5458.25, 3261.52, 6280.74, dan 6952.71 Hz. Frekuensi minimum dari tipe suara satu sampai tipe suara enam yaitu 3106.69, 4895.36, 2565.50, 1370.97, 6162.33, dan 3994.67 Hz. Frekuensi maksimum dari tipe suara satu sampai tipe suara enam yaitu 3382.75, 4980.64, 6438.27, 3866.88, 6404.31, dan 9912.02 Hz (Tabel 6).

Hasil analisis suara juga dibandingkan dengan suara yang tersedia di *database Singing Insects of North America* (SINA). Tonggeret dengan file

rekaman 080101-013(2) memiliki frekuensi (rata-rata, minimal, dan maksimal) yang mendekati adalah tonggeret *Tibicen marginalis*. Suara jangkrik dengan file rekaman 080101-044 juga memiliki frekuensi (rata-rata, minimal, dan maksimal) adalah jangkrik *Gryllodes sigillatus*.

PEMBAHASAN

Frekuensi data suara tonggeret dan jangkrik yang didapat sangat beragam. Hal tersebut dipengaruhi oleh tipe spesies dan faktor lingkungan seperti kelembapan, suhu udara, dan intensitas cahaya. Karakteristik suara didasarkan pada pendengaran manusia secara subyektif. Jangkauan suara yang dapat didengar oleh telinga manusia yaitu frekuensi 20-20,000 Hz. Bunyi-bunyi yang muncul pada frekuensi di bawah 20 Hz disebut bunyi infrasonik, sedangkan yang muncul di atas 20,000 Hz disebut bunyi ultrasonik. Rentang 20 sampai dengan 20,000 Hz bunyi masih dibedakan menjadi bunyi dengan frekuensi rendah (dibawah 1,000 Hz), frekuensi sedang (1,000 sampai 4,000 Hz) dan frekuensi tinggi (di atas 4,000 Hz) (Mediastika dan Christina 2009).

Perbandingan analisis suara tonggeret di TNGGP dengan suara tonggeret di Kebun Raya Bogor menunjukkan bahwa tipe suara 5 yang memiliki karakter suara tinggi, memiliki frekuensi (minimal dan maksimum) mendekati analisis suara tonggeret yang telah dilakukan oleh Sofyan (2016) di Kebun Raya Bogor (Tabel 7). Namun analisis suara tonggeret di TNGGP tidak menunjukkan kesamaan ritme dan pola suara dengan suara tonggeret di Kebun Raya Bogor. Perbandingan analisis suara jangkrik di TNGGP dengan hasil analisis yang telah dilakukan Laksono *et al.* (2015) di Waduk Jatiluhur menunjukkan tiga tipe suara yang memiliki karakter suara rendah dan frekuensi (rata-rata, minimal, dan maksimum) mendekati analisis suara jangkrik (Tabel 8). Namun, analisis suara jangkrik di TNGGP tidak menunjukkan kesamaan ritme dan pola suara dengan suara jangkrik di Waduk Jatiluhur.

Hasil perbandingan dengan analisis suara jangkrik yang telah dilakukan Rifdah *et al.* (2017) di Taman Bunga Mekarsari menunjukkan satu tipe suara yang memiliki karakter suara rendah dengan gambar oskilogram dan spektogram, serta frekuensi (rata-rata, minimum, dan maksimum) yang mendekati analisis suara jangkrik yang dilakukan di TNGGP sedangkan satu tipe suara yang memiliki karakter suara tinggi hanya memiliki frekuensi

(rata-rata dan maksimum) yang mendekati data analisis (Tabel 9). Analisis suara dari tonggeret dan jangkrik dari TNGGP dapat menjadi acuan perbandingan frekuensi suara serangga untuk penelitian bioakustik selanjutnya. Selain itu, penelitian mengenai suara tonggeret dan jangkrik di TNGGP dapat menyumbang *database* bioakustik serangga di Indonesia yang saat ini masih jarang diteliti.

Hasil bioakustik di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP) yang dapat dianalisis berjumlah enam file rekaman suara tonggeret dan enam file rekaman suara jangkrik. Keunikan hasil penelitian di TNGGP yaitu kawasan tersebut memiliki lingkungan yang masih alami sehingga populasi serangga seperti tonggeret banyak dijumpai. Tonggeret memiliki karakter suara yang lebih tinggi dari suara jangkrik. Suara tersebut dibandingkan dengan suara yang terdapat pada *database Singing Insects of North America* (SINA) (Tabel 10). Berdasarkan hasil perbandingan frekuensi suara tonggeret TNGGP yang dianalisis dengan *database* SINA, mendapatkan spesies yang mendekati adalah tonggeret *Tibicen marginalis*. Hasil perbandingan frekuensi suara jangkrik dengan *database* SINA mendapatkan spesies yang mendekati adalah jangkrik *Grylloides sigillatus*.

Tabel 4. Frekuensi suara tonggeret hasil analisis dengan program Praat

Tipe suara	Nama file	F mean (Hz)	F min (Hz)	F max (Hz)
1	080101-002	9168.20	8831.41	9496.64
2	080101-007 (1)	9112.07	8912.26	9331.99
3	080101-007 (2)	9119.37	8926.47	9296.71
4	080101-013 (1)	6541.51	4142.85	9781.58
5	080101-013 (2)	4808.89	4518.47	5261.36
6	080101-066	5881.36	4093.97	9690.80

Tabel 6. Frekuensi suara jangkrik hasil analisis dengan program Praat

Tipe suara	Nama file	F mean (Hz)	F min (Hz)	F max (Hz)
1	080101-026	3311.80	3106.69	3382.75
2	080101-029	4945.59	4895.36	4980.64
3	080101-40 (1)	5458.25	2565.50	6438.27
4	080101-40 (2)	3261.52	1370.97	3866.88
5	080101-44	6280.74	6162.33	6404.31
6	080101-59	6952.71	3994.67	9912.02

Tabel 5. Tipe suara, karakter suara, durasi, dan *echeme* jangkrik

Tipe suara	Nama file	Tanggal	Waktu (WIB)	Karakter suara	Durasi rekaman	<i>Echeme</i>	Jumlah <i>echeme</i> dalam 10 detik
1	080101-026	30/07/2018	20:28	Rendah	00:34	Putus	2
2	080101-029	30/07/2018	20:46	Rendah	00:56	Putus	4
3	080101-40 (1)	30/07/2018	21:18	Rendah	01:08	Putus	20
4	080101-40 (2)	30/07/2018	21:18	Rendah	01:08	Putus	5
5	080101-44	30/07/2018	20:29	Tinggi	01:07	Putus	-
6	080101-59	31/07/2018	08:54	Rendah	02:07	Putus	3

Tabel 7. Perbandingan data suara tonggeret TNGGP dengan suara tonggeret di Kebun Raya Bogor

Karakter suara	Data suara tonggeret TNGGP				Data suara tonggeret Kebun Raya Bogor (Sofyan 2016)			
	Tipe suara	F mean (Hz)	F min (Hz)	F max (Hz)	Tipe suara	F mean (Hz)	F min (Hz)	F max (Hz)
Tinggi	5	4808.89	4518.47	5261.36	Spesies 1	-	4370.5	5123.6
Tinggi	5	4808.89	4518.47	5261.36	<i>Dundubia vaginata</i>	-	2650.0	3313.7

Tabel 8. Perbandingan suara jangkrik TNGGP dengan suara jangkrik di Waduk Jatiluhur

Karakter suara	Data suara jangkrik TNGGP				Data suara jangkrik Waduk Jatiluhur (Laksono <i>et al.</i> 2015)			
	Tipe suara	F mean (Hz)	F min (Hz)	F max (Hz)	Tipe suara	F mean (Hz)	F min (Hz)	F max (Hz)
Rendah	1	9168.20	8831.41	9496.64	2	8945.33	8221.79	9628.22
Rendah	5	4808.89	4518.47	5261.36	1	4739.00	4574.55	4904.72
Rendah	6	5881.36	4093.97	9690.80	11	5710.71	5601.96	5803.30

Tabel 9. Perbandingan suara jangkrik TNGGP dengan suara jangkrik di Taman Bunga Mekarsari

Karakter suara	Data suara jangkrik TNGGP				Data suara jangkrik Taman Buah Mekarsari (Rifdah <i>et al.</i> 2017)			
	Tipe suara	F mean (Hz)	F min (Hz)	F max (Hz)	Tipe suara	F mean (Hz)	F min (Hz)	F max (Hz)
Rendah	4	6541.51	4142.85	9781.58	13	7896	3373	10408
Tinggi	5	4808.89	4518.47	5261.36	11	4819	2181	5120

Tabel 10. Perbandingan suara hasil analisis dengan SINA

Spesies serangga	Sumber	File rekaman	F mean (Hz)	F min (Hz)	F max (Hz)
Tonggeret	Rekaman	080101-013(2)	4808.89	4518.47	5261.36
	SINA	852sl.wav	5043.59	4934.58	5335.26
Jangkrik	Rekaman	080101-044	6280.74	6162.33	6404.31
	SINA	501ss2.wav	6178.91	6099.15	6221.86

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyelesaian karya tulis ini tak lepas dari bantuan yang telah diberikan oleh berbagai pihak. Kepada Dr. Ir. Rika Raffiudin, M.Si. sebagai dosen pembimbing, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kesabaran dalam membimbing hingga selesainya tulisan ini. Kepada Dr. Ir. Tania June, M.Sc. selaku Ketua Divisi Agrometeorologi, Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam atas kesediannya untuk meminjamkan "Environment Meter" (1 alat dengan 4 sensor) kepada penulis selama proses pengambilan data. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Panji Laksono selaku asisten dari Divisi Fungsi dan Perilaku Hewan (Departemen Biologi) yang telah membantu penulis selama di lapang, serta telah memberikan masukan yang sangat membantu. Terima kasih penulis sampaikan kepada Tiara Sayusti, S.Si. (Program Magister Ps Biosains Hewan, Departemen Biologi IPB), sebagai asisten studi lapang yang telah membantu penulis selama di laboratorium. Kepada seluruh dosen, staf dan mahasiswa dari Departemen Biologi IPB yang telah menjadi bagian terpenting

dalam Studi Lapang 2018. Serta kepada para staf di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, terima kasih atas dukungan dan kerja samanya dalam pembuatan karya tulis ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Cocroft R, Rodríguez RL. 2005. The behavioral ecology of insect vibrational communication. *BioScience* 55:323-334.
- Drosopoulos S, Claridge MF. 2006. *Insect Sound and Communication: Physiology, Behaviour, Ecology, and Evolution*. New York: Taylor and Francis Group.
- Grimaldi D, Engel MS. 2005. *Evolution of The Insect*. New York: Cambridge University Press.
- Hidayati S, Subiantoro AW. 2014. Profil bioakustik nyanyian cicada (Cicadidae) di lingkungan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta. *Jurnal Sains Dasar* 3:39-47.
- Laksono P *et al.* 2015. Frekuensi suara jangkrik di kawasan Waduk Jatiluhur. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Mediastika E, Christina. 2009. *Material Akustik Pengendali Kualitas Bunyi*. Jakarta: Erlangga.
- Montealegre F *et al.* 2011. Sound radiation and wing mechanics in stridulating field crickets (Orthoptera: Gryllidae). *Journal of Experimental Biology* 214:2105-2117.
- Pringle JWS. 1954. A physiological analysis of cicada song. *Journal of Experimental Biology* 31:526-560.
- Randall D *et al.* 2002. *Eckert Animal Physiology: Mechanism and Adaptations*. New York: W.H Freeman and Co.
- Rifdah N *et al.* 2017. Pola dan frekuensi suara jangkrik, tonggeret, dan belalang di kawasan Taman Buah Mekarsari. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Simmonds J, MacLennan D. 2006. *Fisheries Acoustics: Theory and Practice*, Second Edition. London: Wiley-Blackwell.
- Sofyan F. 2016. Karakteristik bioakustik tonggeret (Hemiptera : Cicadidae) di Kebun Raya Bogor [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Triplehorn CH, Johnson NF. 2005. *Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects*. Seventh Edition. America: Thompson Brook.