

Identifikasi Spesies Jangkrik (*Gryllidae*) di Kawasan Merapi Valley Melalui Analisis Bioakustik

Seno Tri Pidegso^{1*}, Agung Budiantoro¹

¹Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ahmad Yani (Ringroad Selatan), Bantul, Yogyakarta 55166

*Email: senotri.15@gmail.com

Artikel diterima: 15 Oktober 2025. Revisi diterima: 28 Januari 2026

ABSTRACT

The Merapi Valley is a post-eruption volcanic landscape that has been transformed into an artificial ecosystem. Through bioacoustic analysis of calling songs, this study aims to identify cricket species (*Gryllidae*) in this area. The approach used is an ecological case study with a descriptive comparative design. Data were collected through direct observation, including voice recordings from 4 plots measuring 10 m × 10 m, measurement of abiotic factors, and documentation of specimen morphology. Recordings were analyzed using Audacity and Raven Pro 1.6 to extract acoustic parameters (low-high frequency, Peak Frequency, Center Frequency, duration, and pulse per chirp), which were then compared to a cricket database and literature. A total of 11 high-quality calling songs were obtained and grouped into two types: Type A (9 recordings) with a pattern of 3 pulse per chirp and a Peak Frequency of 4.27 ± 0.17 kHz, and Type B (2 recordings) with 4-5 pulse per chirp and a Peak Frequency of 4.72 ± 0.19 kHz. Comparative analysis showed that Type A was similar to *Teleogryllus mitratus* but with consistently higher frequencies, which is related to the humid microclimatic conditions and geographical isolation of the Merapi Valley, while Type B represented *T. occipitalis*. These findings provide baseline data on cricket diversity, confirm the bioacoustic potential as a non-invasive method for species identification and biomonitoring, and highlight the urgency of integrative taxonomic studies to validate the potential presence of cryptic species in this region.

Keywords: Artificial Ecosystem, Bioacoustics, Crickets, Merapi Valley, Spectrogram

ABSTRAK

Merapi Valley merupakan lanskap vulkanik pascaerupsi yang telah ditransformasi menjadi ekosistem buatan. Melalui analisis bioakustik *calling song*, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi spesies jangkrik (*Gryllidae*) di kawasan ini. Pendekatan yang digunakan adalah studi kasus ekologi dengan desain deskriptif komparatif. Data dikumpulkan melalui observasi langsung berupa perekaman suara pada 4 plot 10 m × 10 m, pengukuran faktor abiotik serta dokumentasi morfologi spesimen. Rekaman dianalisis menggunakan *Audacity* dan *Raven Pro 1.6* untuk mengekstrak parameter akustik (frekuensi rendah-tinggi, frekuensi puncak, frekuensi pusat, durasi, dan *pulse per chirp*), dibandingkan dengan database serta literatur jangkrik. Sebanyak 11 *calling song* berkualitas tinggi diperoleh dan dikelompokkan menjadi dua tipe: Tipe A (9 rekaman) dengan pola 3 *pulse per chirp* dan *Peak Frequency* $4,27 \pm 0,17$ kHz, serta Tipe B (2 rekaman) dengan 4-5 *pulse per chirp* dan *Peak Frequency* $4,72 \pm 0,19$ kHz. Analisis komparatif menunjukkan bahwa Tipe A mendekati *Teleogryllus mitratus* namun frekuensi secara konsisten lebih tinggi, berkaitan dengan kondisi iklim mikro lembap dan isolasi geografis Merapi Valley sedangkan Tipe B merepresentasikan *T. occipitalis*. Temuan ini memberikan data dasar keanekaragaman jangkrik, menegaskan potensi bioakustik sebagai metode non-invasif identifikasi spesies dan biomonitoring, sekaligus menyoroti urgensi kajian taksonomi integratif guna memvalidasi potensi keberadaan spesies kriptik di kawasan ini.

Kata Kunci: Bioakustik, Ekosistem Buatan, Jangkrik, Merapi Valley, Spektrogram

PENDAHULUAN

Serangga merupakan kelompok fauna yang telah mengembangkan sistem komunikasi akustik kompleks sebagai bagian dari adaptasi evolusioner. Kemampuan produksi dan penerimaan suara ini memegang peranan ekologis yang vital, berfungsi sebagai media utama dalam mencari pasangan, pertahanan teritorial, serta mekanisme perlindungan diri yang menentukan dinamika populasi di habitat alamnya (Simanjuntak dkk., 2020). Pada Ordo Orthoptera mekanisme utama dalam produksi suara adalah stridulasi, yaitu gesekan antara dua sayap depan (*tegmina*)

sebagaimana yang ditemukan pada jangkrik (Nan & Juniati, 2022).

Suara yang dihasilkan jangkrik tidak hanya berfungsi sebagai sinyal komunikasi intraspesies, tetapi juga menjadi indikator ekologis yang merefleksikan kondisi lingkungan tempat mereka hidup (Anso dkk., 2022). Oleh karena itu, pengkajian suara jangkrik dapat memberikan wawasan mendalam tentang kesehatan suatu ekosistem. Salah satu metode inovatif yang digunakan untuk mengidentifikasi spesies jangkrik adalah bioakustik, yakni teknik yang menganalisis suara yang dihasilkan oleh makhluk hidup untuk

tujuan identifikasi dan pemantauan ekologi (Margani & Sukiya, 2018).

Bioakustik telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang, termasuk ekologi, taksonomi, dan konservasi keanekaragaman hayati (Robinson dkk., 2024). Studi bioakustik dapat mengidentifikasi spesies berdasarkan karakteristik unik suara yang mereka hasilkan serta memahami pola komunikasi mereka (Diwakar dkk., 2007). Pemanfaatan analisis bioakustik telah terbukti secara efektif sebagai metode yang efisien dan non-invasif dalam mengidentifikasi berbagai spesies serangga khususnya ordo Orthoptera yang memiliki suara spesifik (Riede, 2018). Bioakustik juga telah digunakan secara langsung untuk merekam dan menggambarkan panggilan suara spesies jangkrik (Orthoptera: Gryllidae) dalam studi lapangan untuk mengidentifikasi spesies jangkrik secara akustik (Tan dkk., 2022). Metode bioakustik juga telah diterapkan secara luas dalam studi keanekaragaman hayati burung dan mamalia (Pinar dkk., 2020), tetapi penerapannya dalam ekosistem yang mengalami perubahan akibat aktivitas manusia masih terbatas.

Merapi Valley (MV) merupakan lanskap unik yang terbentuk dari endapan lahar letusan Gunung Merapi pascaerupsi, yang kemudian mengalami transformasi menjadi kawasan pertanian, wisata edukasi dan ekosistem buatan (Setyawati & Ashari, 2017). MV dipilih karena merepresentasikan gradien perubahan habitat yang jelas dalam satu bentanglahan, sehingga ideal untuk melihat respons jangkrik yang dikenal sensitif terhadap

struktur mikrohabitat seperti tutupan vegetasi, kelembapan dan serasah (Semler, 2019).

Beberapa studi menunjukkan bahwa transformasi ekosistem akibat dari tekanan antropogenik dapat berdampak signifikan terhadap komunitas dan pola distribusi Orthoptera (Samways dkk., 2025). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi spesies jangkrik di MV menggunakan metode suara (bioakustik) guna menyediakan data dasar yang penting untuk pengelolaan ekosistem serta mendukung pengembangan wisata edukasi berbasis keanekaragaman hayati. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi sebagai rujukan dalam melengkapi database taksonomi serangga berbasis suara yang masih terbatas di Indonesia, khususnya pada ekosistem pascaerupsi seperti MV.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2025 – Januari 2026 di kawasan Merapi Valley, Desa Nganggring, Kec. Turi, Kab. Sleman, Yogyakarta (Gambar 1). Alat dan bahan yang digunakan meliputi *Smartphone* (Samsung Seri A) sebagai perekam suara, *thermohygrometer*, termometer, indikator pH universal, serta perangkat lunak *Audacity*, *Raven Pro 1.6* dan *URecorder*. Proses identifikasi sampel dan analisis data lebih lanjut dilaksanakan di rumah serta di Laboratorium Ekologi dan Sistemika, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan.



Gambar 1. Lokasi peta wilayah penelitian Merapi Valley

Prosedur Penelitian

Pengambilan sampel suara

Perekaman suara dilakukan pada 4 plot berukuran 10 m × 10 m, masing-masing dipasang 1 alat perekaman. Pengambilan data dilakukan sebanyak 4 kali dengan frekuensi 1 kali per minggu. Penempatan titik rekam dilakukan sepanjang tepi plot membentuk pola zig-zag (Gambar 2) untuk menangkap spasial area dan meminimalkan pseudo-replikasi. Akuisisi suara dilakukan malam hari (20.00–23.00 WIB) menggunakan *smartphone* Samsung seri A melalui aplikasi *URecorder*. Rekaman disimpan dalam format .WAV (*lossless*) dengan sampling rate 44,1 kHz untuk menjaga kualitas data spektral (Koehler dkk., 2017). Perekaman dilakukan secara

intermiten dengan skema 10 menit rekam dan 15 menit jeda, menyesuaikan pengukuran faktor abiotik berupa pH tanah, suhu tanah dan kelembapan udara serta koleksi spesimen.

Pengolahan data audio

Data audio mentah hasil perekaman terlebih dahulu diproses. Tahap pra-pengolahan meliputi reduksi background noise untuk meningkatkan *signal-to-noise ratio* (SNR) serta pemotongan klip untuk memperoleh segmen stridulasi yang minim gangguan dan mewakili setiap titik rekam menggunakan software *Audacity* (Wilson dkk., 2022). Segmen terpilih kemudian diekspor kembali dalam format .WAV untuk dianalisis pada tahap berikutnya menggunakan *Raven Pro* (Yustian dkk., 2021).



Gambar 2. Plot peletakan zig-zag smartphone (x)

Analisis Data

Analisis bioakustik dilakukan menggunakan perangkat lunak *Raven Pro* 1.6 melalui visualisasi spektrogram. Sinyal panggilan yang representatif diisolasi dengan *selection tool*, kemudian diekstraksi parameter kuantitatif meliputi *Low Frequency* (kHz), *High Frequency* (kHz), *Delta Time* (s), *Peak Frequency* (kHz) dan *Center Frequency* (kHz) serta *pulse per chirp* untuk ditabulasi sebagai dasar deskripsi karakteristik suara. Identifikasi spesies dilakukan secara deskriptif komparatif dengan membandingkan parameter akustik, pola visual (*waveform-spectrogram*), dan karakter morfologi terhadap referensi pada *Xenocanto*, *iNaturalist*, *Orthoptera Species File*, serta literatur jurnal dari (Lu dkk., 2018; Jaiswara dkk., 2021). Ketepatan identifikasi diperkuat melalui pemeriksaan spesimen, sedangkan data abiotik disajikan secara deskriptif untuk menggambarkan kondisi lingkungan saat perekaman.

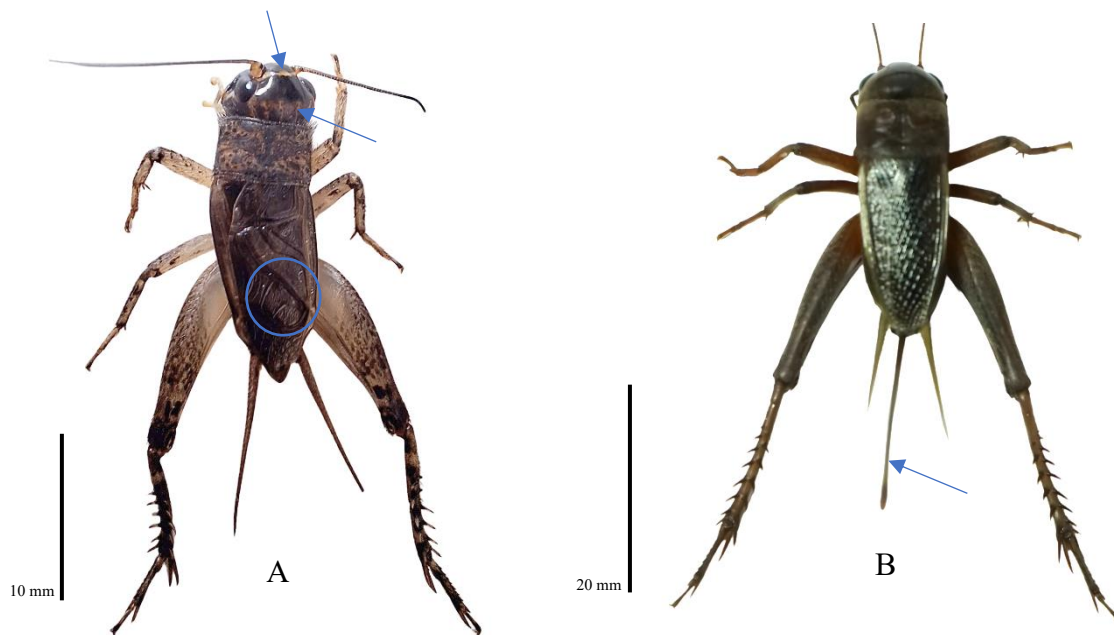
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perekaman bioakustik di MV menghasilkan sebanyak 96 total rekaman suara dan

setelah hasil seleksi terdapat 11 rekaman *calling song* berkualitas tinggi yang dapat dianalisis untuk parameter akustik kuantitatif (Tabel 1). Namun, karena perekaman dilaksanakan tanpa penanda maka 11 rekaman tersebut diasumsikan sebagai unit rekaman dan tidak dapat dipastikan seluruhnya berasal dari individu yang berbeda. Analisis spektral menunjukkan bahwa seluruh rekaman memiliki rentang frekuensi 3,60-5,43 kHz dengan pola *pulse* 2-5 per *chirp*, yang berada dalam karakteristik akustik genus *Teleogryllus* sebagaimana dilaporkan pada populasi Asia Tenggara (Lu dkk., 2018) dan India (Jaiswara dkk., 2021). Validasi taksonomi melalui pemeriksaan morfologi eksternal pada spesimen jantan dan betina (Gambar 3) mengonfirmasi identifikasi genus, dengan karakteristik diagnostik meliputi: pita kuning pucat (*creamish yellow band*) pada sisi dalam mata majemuk yang memanjang ke *occiput*, *apparatus stridulasi* pada *tegmina* jantan dengan *mirror oval*, *pronotum* yang relatif lebar, dan *ovipositor* lurus pada betina yang melebihi panjang femur tungkai belakang, seluruhnya konsisten dengan deskripsi genus *Teleogryllus* (Lu dkk., 2018; Jaiswara dkk., 2021).

Tabel 1. Hasil analisis suara Raven pada total 11 suara sampel.

Sampel	Low Freq (kHz)	High Freq (kHz)	Peak Freq (kHz)	Delta Time (s)	Center Freq (kHz)	Pulse per chirp
Tipe A						
Suara 1	3,61	4,66	4,29	0,16	4,17	2-3
Suara 2	3,85	4,68	4,33	0,12	4,31	2-3
Suara 3	3,83	4,60	4,16	0,11	4,22	3
Suara 4	3,78	4,57	4,27	0,11	4,23	3
Suara 5	3,74	4,53	4,12	0,11	4,19	3
Suara 6	3,66	4,53	4,12	0,11	4,13	3
Suara 7	3,60	4,50	4,09	0,12	4,12	3
Suara 8	3,82	5,01	4,62	0,11	4,57	3
Suara 10	3,82	4,79	4,4	0,11	4,38	3
Rerata tipe A (n=9)	3,75 ± 0,10	4,65 ± 0,16	4,27 ± 0,17	0,12 ± 0,02	4,26 ± 0,14	2-3
Tipe B						
Suara 9	4,44	5,43	4,86	0,20	4,91	4-5
Suara 11	4,04	4,97	4,59	0,25	4,60	4-5
Rerata tipe B (n=2)	4,24 ± 0,28	5,20 ± 0,33	4,72 ± 0,19	0,23 ± 0,04	4,75 ± 0,22	4-5



Gambar 3. Morfologi eksternal *Teleogryllus* (A) Jantan dan (B) Betina

Meskipun seluruh rekaman telah terkonfirmasi berasal dari genus *Teleogryllus* ringkasan parameter akustik menunjukkan pola variasi yang jelas dan mengelompok menjadi 2 tipe suara panggilan yang mengindikasikan keberadaan dua spesies berbeda. Pemilahan ini didasarkan pada kombinasi *Peak Frequency* dan jumlah *pulse* per *chirp*, dua komponen yang diketahui menjadi bagian penting untuk diferensiasi spesies

Teleogryllus sp. (Lu dkk., 2018). Pada Tabel 1 rekaman dikelompokkan menjadi Tipe A (n = 9; 81,8%) dan Tipe B (n = 2; 18,2%). Tipe A dicirikan oleh 3 *pulse* dominan per *chirp* dengan *Peak Frequency* $4,27 \pm 0,17$ kHz, dan Tipe B yang memperlihatkan 4-5 *pulse* per *chirp* dengan *Peak Frequency* $4,72 \pm 0,19$ kHz. Selisih rerata *Peak Frequency* ($\sim 0,45$ kHz) yang disertai perubahan pola *pulse* tersebut menunjukkan berada di atas

ambang sensitivitas auditori untuk seleksi pasangan kawin pada *Teleogryllus* sp. (Moran dkk., 2020). Maka hal tersebut merepresentasikan bahwa kedua tipe suara mewakili spesies yang berbeda secara biologis.

Tipe A secara ritmik dengan dugaan kuat menuju ke spesies *Teleogryllus mitratus* dengan 2-3 *pulse* per *chirp* dan didominasi 3 *pulse* per *chirp* pada seluruh rekaman, tetapi *Peak Frequency* $4,27 \pm 0,17$ kHz sekitar 30–40% lebih tinggi daripada kisaran 3,0–3,3 kHz yang dilaporkan untuk populasi *T. mitratus* di India dan Asia Timur. Sebaliknya bahwa Tipe B sangat mungkin merepresentasikan *T. occipitalis* karena kombinasi pola 4-5 *pulse* per *chirp* dan *Peak Frequency* $4,72 \pm 0,19$ kHz selaras dengan deskripsi populasi *T. occipitalis* dari Asia Timur dan India yang memiliki 4-5 suku kata per *chirp* dengan frekuensi dominan sekitar 3,6–4,4 kHz, sehingga deviasi ~7% yang teramati masih dapat dipandang sebagai variasi geografis intraspesifik (Lu dkk., 2018; Jaiswara dkk., 2021).

Keberadaan dua tipe suara ini didukung oleh ekosistem pascaerupsi pada MV yang membentuk mosaik habitat area terbuka dan patch vegetasi pada tahap suksesi berbeda yang meningkatkan keragaman mikrohabitat bagi serangga (Faozan dkk., 2022). Selain itu pada genus *Teleogryllus* sendiri simpatri antarspesies telah dilaporkan dan spesies yang hidup simpatrik cenderung memiliki

tipe *calling song* yang berbeda untuk mendukung pengenalan pasangan dan mengurangi interferensi akustik (Lu dkk., 2018). Perbedaan *pulse* dan *Peak Frequency* terjadi karena dipengaruhi oleh struktur tegmina, terutama pada area *harp (resonator)* yang merupakan komponen utama penghasil suara sehingga menghasilkan karakter akustik yang berbeda (Tan dkk., 2020).

Tipe A memiliki *Peak Frequency* yang tinggi mungkin dipengaruhi oleh penyesuaian adaptif terhadap kombinasi isolasi geografis lanskap vulkanik MV dan kondisi iklim mikro (Tabel 2), sesuai dengan Do Nascimento dkk. (2024) bahwa perbedaan habitat atau struktur lingkungan dapat mempengaruhi pola akustik dan karakter sinyal. MV merupakan dataran tinggi yang memiliki udara sejuk dengan kelembapan sangat tinggi ($95,65 \pm 3,65$) dan nilai pH tanah mendekati netral ($6,92 \pm 0,17$) serta suhu tanah yang relatif hangat ($24,00 \pm 1,57$) yang bersama-sama membentuk struktur vegetasi dan lingkungan propagasi suara yang berbeda dari habitat dataran rendah tempat populasi *Teleogryllus* lain umumnya dikaji (Akmalia dkk., 2020). Singh dkk. (2020) menunjukkan bahwa variasi kondisi termal dan iklim mikro antar lokasi geografis dapat mengubah frekuensi puncak dan tempo stridulasi kriket.

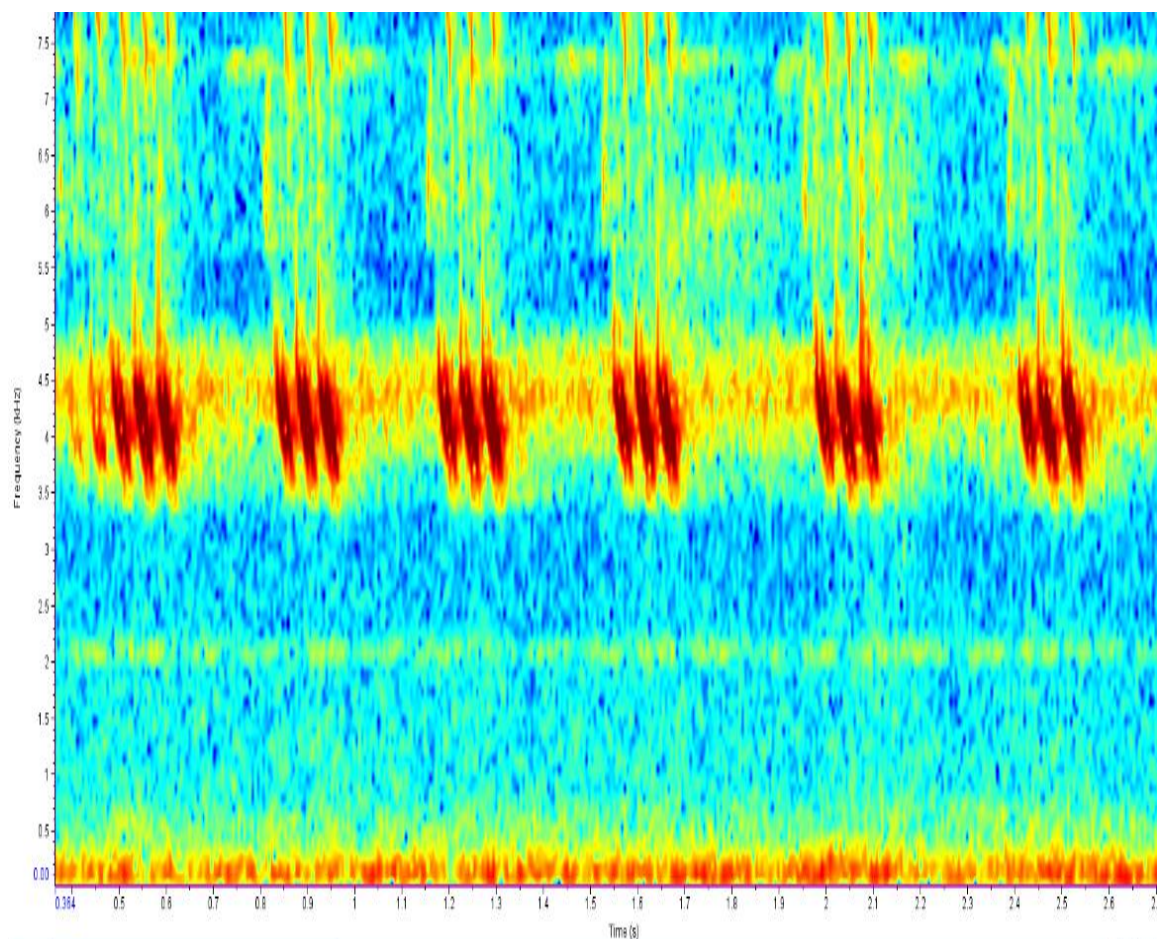
Tabel 2. Nilai parameter abiotik selama penelitian

Parameter	Rerata
Nilai pH tanah	$6,92 \pm 0,17$
Kelembapan (%)	$95,65 \pm 3,65$
Suhu tanah (°C)	$24,00 \pm 1,57$

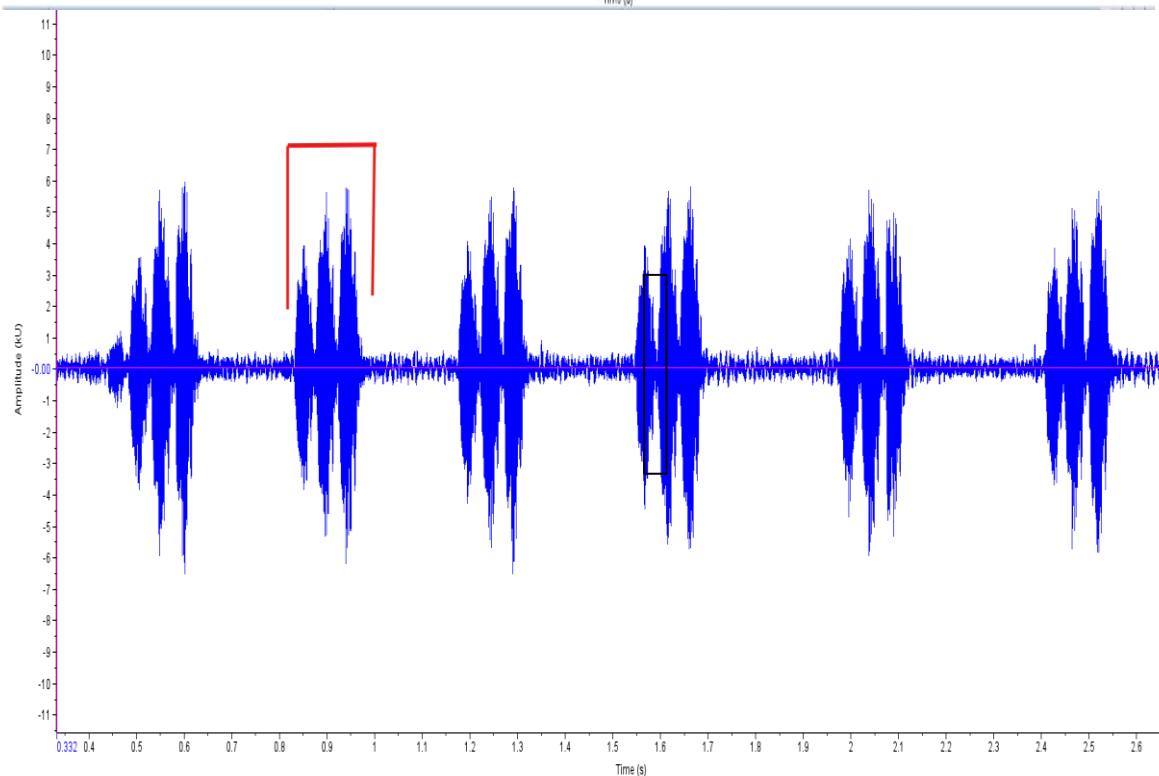
Secara visual (Gambar 4) mengonfirmasi pemisahan dua tipe panggilan melalui pola per *chirp* yang tampak jelas pada spektrogram dan *waveform*. Pada Tipe A, *waveform* (Gambar 4A¹) memperlihatkan setiap *chirp* sebagai tiga jejak energi berwarna merah yang tersusun miring dan rapat pada kisaran frekuensi sekitar 4–4,5 kHz. Pola ini sejalan dengan spektrogram (Gambar 4A²) di mana kurung merah menandai satu unit *chirp* yang tersusun atas tiga puncak amplitudo tinggi, sedangkan kotak hitam menyoroti satu *pulse* tunggal di dalam *chirp* tersebut, sehingga

menegaskan pola 3 *pulse* per *chirp* yang sangat konsisten. Sebaliknya, pada Tipe B (Gambar 4B¹-B²), setiap *chirp* pada spektrogram tampak sebagai kelompok 4-5 jejak energi yang lebih rapat dengan konsentrasi frekuensi sekitar 4,7 kHz, dan pada *waveform* tercermin sebagai satu kurung yang mencakup 4-5 puncak amplitudo berurutan. Maka, kombinasi spektrogram dan *waveform* pada Gambar 4 secara jelas mendukung pemisahan Tipe A (3 *pulse* per *chirp*) dan Tipe B (4-5 *pulse* per *chirp*) sebagai dua *acoustic signature* yang berbeda.

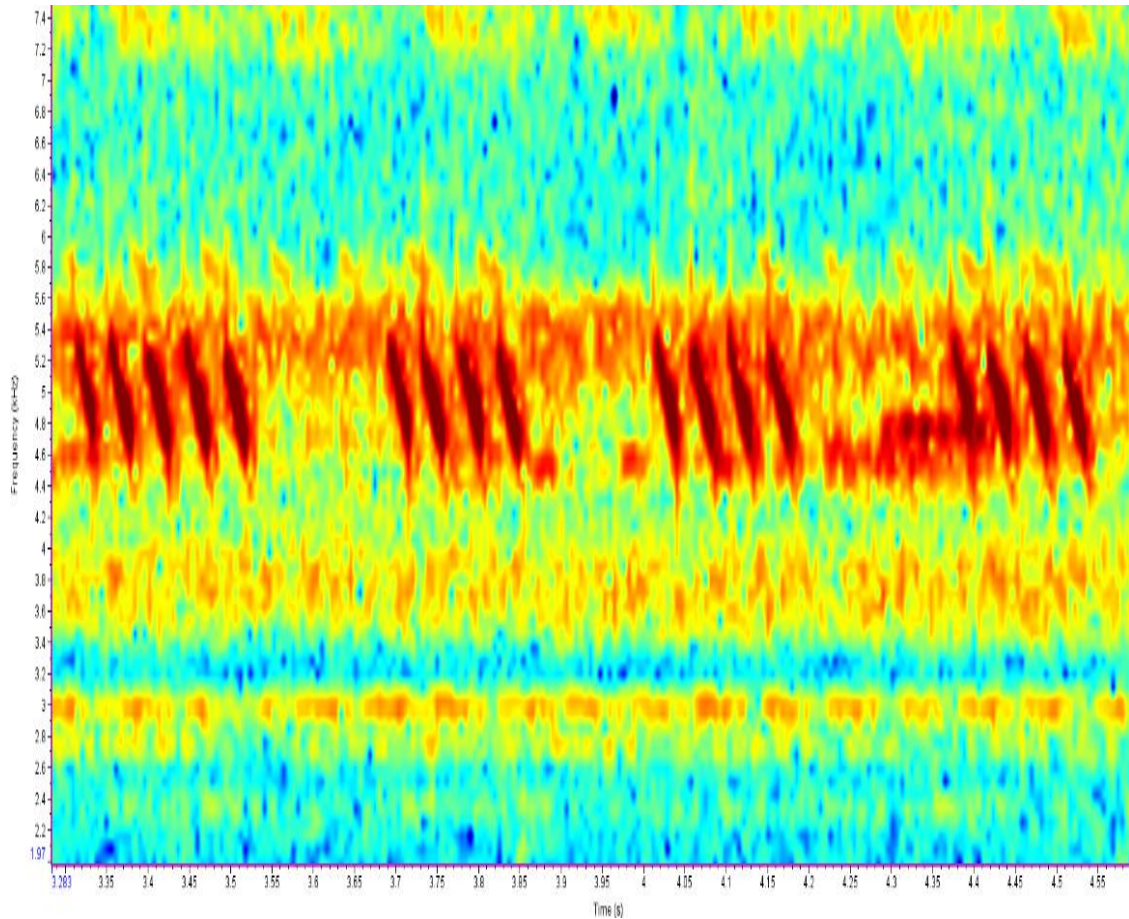
A¹



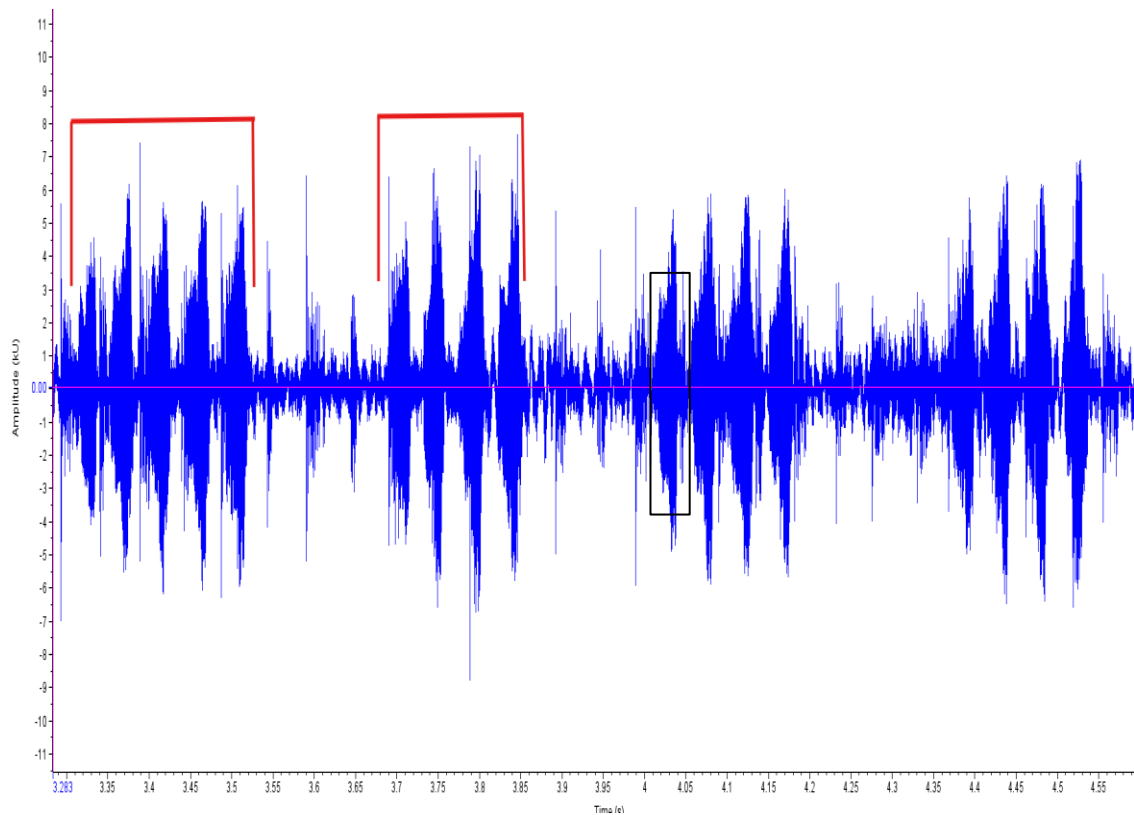
A²



B¹



B²



keterangan: Tipe A¹ (Waveform), Tipe A² (spektrogram) dan Tipe B¹ (Waveform), Tipe B² (spektrogram), garis kurung merah satu chirp dan kotak hitam satu pulse

Gambar 4. Pola visualisasi sinyal akustik *Teleogryllus* Tipe A dan Tipe B.

KESIMPULAN

Genus *Teleogryllus* terverifikasi hadir di MV dengan dua tipe *calling song* yang jelas, yaitu Tipe A memiliki pola 3 *pulse* per *chirp* khas *T. mitratus* dengan frekuensi puncak jauh lebih tinggi, sedangkan Tipe B sesuai dengan pola 4-5 *pulse* per *chirp* dan frekuensi khas *T. occipitalis*. Penelitian lanjutan disarankan melakukan kajian taksonomi integratif (DNA *barcoding* dan morfologi genitalia) serta perluasan survei bioakustik di kawasan vulkanik lain dapat menguji apakah pola ini merepresentasikan adaptasi lokal ekstrem atau keberadaan garis keturunan kriptik dalam genus *Teleogryllus*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada Prof. Hariyadi selaku pemilik MV atas izin dan dukungan fasilitas yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmalia, R., Sulistijorini, & Putra, H. F. (2020). Ecological function of the land after Merapi eruption. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 457(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/17551315/457/1/012013>
- Anso, J., Gasc, A., Bourguet, E., Desutter-Grandcolas, L., & Jourdan, H. (2022). Crickets as indicators of ecological succession in tropical systems, New Caledonia. *Biotropica*, 54(5), 1270–1284. <https://doi.org/10.1111/btp.13151>
- Diwakar, S., Jain, M., & Balakrishnan, R. (2007). Psychoacoustic sampling as a reliable, non-invasive method to monitor orthopteran species diversity in tropical forests. *Biodiversity and Conservation*, 16(14), 4081–4093. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9208-0>
- Do Nascimento, L. A., Pérez-Granados, C., Alencar, J. B. R., & Beard, K. H. (2024). Time and habitat structure shape insect acoustic activity in the Amazon. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 379(1904), 20230112.
- Faozan, I., Kaoru, K., Farhadur, M. R., & Sri, R. (2022). Succession of ground vascular plant communities on pyroclastic deposits seven years after a volcanic eruption on Mount Merapi. *Journal of Tropical Forest Science*, 34(4), 406–414.
- Jaiswara, R., Desutter-Grandcolas, L., & Jain, M. (2021). Taxonomic revision of *Teleogryllus mitratus* (Burmeister, 1838) and *T. occipitalis* (Serville, 1838) in India, with the description of *Teleogryllus rohinae* Jaiswara & Jain sp. nov. and a key for *Teleogryllus* species from India (Orthoptera: Gryllidae). *Zootaxa*, 5016(1), 81–106. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5016.1.3>
- Koehler, J., Jansen, M., Rodríguez, A., Kok, P. J. R., Toledo, L. F., Emmrich, M., Glaw, F., Haddad, C. F. B., Rödel, M.-O., & Vences, M. (2017). The use of bioacoustics in anuran taxonomy: Theory, terminology, methods and recommendations for best practice. *Zootaxa*, 4251(1), 1–124. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4251.1.1>
- Lu, H., Wang, X.-Y., Wang, H.-Q., Li, K., & He, Z.-Q. (2018). A taxonomic study of genus *Teleogryllus* from East Asia (Insecta: Orthoptera: Gryllidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21(2), 667–675. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.03.011>
- Margani, R. B., & Sukiya. (2018). Bioakustik kelelawar sub ordo Microchiroptera di Gua Seplawan. *Jurnal Prodi Biologi*, 7(3), 190–195.
- Moran, P. A., Hunt, J., Mitchell, C., Ritchie, M. G., & Bailey, N. W. (2020). Sexual selection and population divergence III: Interspecific and intraspecific variation in mating signals. *Journal of Evolutionary Biology*, 33(7), 990–1005. <https://doi.org/10.1111/jeb.13631>
- Nan, A. N., & Juniati, D. (2022). Klasifikasi jenis jangkrik berdasarkan suara menggunakan dimensi fraktal metode Higuchi dan K-Nearest Neighbor (KNN). *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 10(1), 199–207. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v10n1.p199-207>
- Nugroho, A. A., Salsabila, N. H., Setyningrum, D., Prastin, F. P., & Dani, T. R. (2020). Studi pola interaksi perilaku jangkrik (*Gryllus bimaculatus*) jantan dan betina. *Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 7(1), 41–47. <https://doi.org/10.25273/florea.v7i1.6038>
- Penar, W., Magiera, A., & Kłoczek, C. (2020). Applications of bioacoustics in animal ecology. *Ecological Complexity*, 43, 100847. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2020.100847>
- Riede, K. (2018). Acoustic profiling of Orthoptera. *Journal of Orthoptera Research*, 27(2), 203–215. <https://doi.org/10.3897/jor.27.23700>
- Robinson, D., Miron, M., Hagiwara, M., Weck, B., Keen, S., Alizadeh, M., Pietquin, O. (2024). NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.07186>

- Samways, M. J., Lecoq, M., & Deacon, C. (2025). Orthoptera biodiversity for environmental assessment and agroecological advancement. *Agronomy*, 16(1), 57. <https://doi.org/10.3390/agronomy16010057>
- Semler, K. R. (2019). Development of a karst tourism management index to assess tourism-driven degradation of protected karst sites [Master's thesis, Western Kentucky University]. *TopSCHOLAR*. <https://digitalcommons.wku.edu/theses/3143>
- Setyawati, S., & Ashari, A. (2017). Geomorfologi lereng baratdaya Gunungapi Merapi kaitannya dengan upaya pengelolaan lingkungan dan kebencanaan. *Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 15(1). <https://doi.org/10.21831/gm.v15i1.16235>
- Simanjuntak, J. G., Amelya, M. P., Nuraeni, F., & Raffiudin, R. (2020). Keragaman suara tonggeret dan jangkrik di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. *Jurnal Sumberdaya Hayati*, 6(1), 20–25. <https://doi.org/10.29244/jsdh.6.1.20-25>
- Singh, R., Prathibha, P., & Jain, M. (2020). Effect of temperature on life-history traits and mating calls of a field cricket, *Acanthogryllus asiaticus*. *Journal of Thermal Biology*, 93, 102740. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102740>
- Tan, M. K., Baroga-Barbecho, J. B., & Yap, S. A. (2020). Taxonomy and bioacoustics of Meconematinae (Orthoptera: Tettigoniidae) from Laguna (Philippines: Luzon). *Zootaxa*, 4732(4), 527-544.
- Tan, M. K., Japir, R., Chung, A. Y., Wahab, R. B. H. A., & Robillard, T. (2022). Taxonomy and bioacoustics of scaly crickets (Orthoptera, Mogoplistidae, Mogoplistinae) from Borneo and Singapore. *Zootaxa*, 5213(2), 177-189.
- Wilson, A. M., Boyle, K. S., Gilmore, J. L., Kiefer, C. J., & Walker, M. F. (2022). Species-specific responses of bird song output in the presence of drones. *Drones*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.3390/drones6010001>
- Yustian, I., Kurniawan, D., Effendi, Z., Setiawan, D., Patriono, E., Hanum, L., & Setiawan, A. (2021). Vocalization of western tarsier (*Cephalopachus bancanus* Horsfield, 1821) in Bangka Island, Indonesia. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 6(3), 1–10. <https://doi.org/10.22146/jtbb.65526>