

<https://doi.org/10.17576/serangga-2023-2803-18>

## PENGESANAN DAN PENCIRIAN AKUSTIK ANAI-ANAI *Coptotermes* sp. PADA POKOK PALMA MANILA, *Adonidia merrillii*

[ACOUSTIC DETECTION AND CHARACTERIZATION OF TERMITES *Coptotermes* sp. ON THE MANILA PALM TREE, *Adonidia merrillii*]

**Nik Aliyah-Ahmad & Johari Jalinah\***

Makmal Entomologi Gunaan,  
Pusat Sistemik Serangga,  
Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi,  
Fakulti Sains dan Teknologi,  
Universiti Kebangsaan Malaysia

\*Pengarang Berutusan: [johari\\_j@ukm.edu.my](mailto:johari_j@ukm.edu.my)

Hantar: 3 Oktober 2023; Terima: 30 Oktober 2023

### ABSTRAK

Anai-anai dari spesies *Coptotermes* sp. merupakan serangga perosak bagi tanaman hiasan dan boleh menyebabkan kerosakan yang serius jika tiada pengesanan awal dan rawatan dilakukan. Pengesanan akustik mempunyai potensi untuk mengesan kehadiran anai-anai terhadap pokok Palma Manila, *Adonidia merrillii*, sebelum kerosakan yang lebih teruk terjadi. Dalam kajian ini, pengesanan akustik dijalankan melalui penggunaan *sensor-preamplifier module*. Aktiviti dan pencirian aktiviti akustik akibat pergerakan anai-anai dilakukan melalui purata masa impuls dikaji bagi anai-anai spesies ini termasuklah pencirian temporal dan spektral akustik. Hasil pengesanan akustik pada sepuluh pokok Palma Manila menunjukkan bahawa bilangan pokok yang diserang anai-anai lebih dari pengesanan visual. Aktiviti akustik akibat pergerakan anai-anai dan purata masa impuls dikaji bagi anai-anai spesies ini. Tiada perbezaan yang signifikan ( $P > 0.05$ ) bagi hubungan antara bilangan individu anai-anai dengan purata aktiviti ( $P = 0.132$ ) dan purata masa impuls ( $P = 0.160$ ). Analisis ciri-ciri temporal menunjukkan purata masa impuls bagi spesies *Coptotermes* ini adalah antara 0.0047 s dan 0.0055 s. Ciri-ciri spektral memberi hasil frekuensi dominan terletak antara 4 kHz dan 8 kHz dengan julat frekuensi antara 1 kHz dan 3 kHz. Ciri-ciri profil temporal dan spektral ini menunjukkan bahawa pengesanan akustik mampu mengesan kehadiran anai-anai melalui pencirian profil akustik.

**Kata kunci:** Anai-anai, *Coptotermes* sp., Palma Manila, *Adonidia merrillii*, pengesanan akustik.

### ABSTRACT

Termites from the *Coptotermes* sp. are pests of ornamental plants and can cause serious damage without early detection and immediate treatment. Acoustic detection has the potential to detect the presence of termites in Manila Palms, *Adonidia merrillii*, before more severe damage occurs. In this study, acoustic detection was done using sensor-preamplifier module. The

activity and its acoustic characterization due to termite movement were carried out through analysis of average impulse time as well as the temporal and spectral acoustic. The results of acoustic detection on Manila Palms show that the number of trees attacked by termites is more when compared to visual detection. Studies on the relationship between differences in the number of termites and acoustic production were carried out in the laboratory where average impulse time and frequency were measured. The results show that there is no significant difference ( $P>0.05$ ) between the number of individual termites with the mean activity rate ( $P=0.132$ ) and the mean impulse time ( $P=0.160$ ). Analysis of temporal characteristics shows that the average impulse time for this species of *Coptotermes* is between 0.0047 s and 0.0055 s. Based on the spectral properties, a dominant frequency between 4 kHz and 8 kHz with a frequency range between 1 kHz and 3 kHz. These temporal and spectral profile characteristics show that acoustic detection is able to detect the presence of termites through the detail of the acoustic profile.

**Keywords:** Termites, *Coptotermes* sp., Manila Palm, *Adonidia merrillii*, acoustic detection.

## PENGENALAN

Anai-anai merupakan serangga perusak yang mempunyai kepentingan ekonomi dan memberi impak negatif terhadap ekonomi sesuatu negara dari segi kerosakan pada struktur dan kawasan pertanian. Anggaran sebanyak \$40 billion telah dilaporkan oleh Khan & Ahmad bagi menangani kerosakan dan pengawalan anai-anai di Amerika Syarikat (Khan & Ahmad 2018). Di Malaysia pula, kerja baikpulih dan pengawalan anai-anai telah menelan sebanyak RM40 juta setiap tahun (Rentokil 2023). Spesies anai-anai yang menyebabkan banyak kerosakan ialah anai-anai dari genus *Coptotermes*, iaitu *C. gestroi* dan *C. formosanus*. Anai-anai dari genus ini merupakan sejenis anai-anai Bawah Tanah yang taburannya meliputi kawasan tropika dan subtropika dan bertanggungjawab dalam melakukan kebanyakan kerosakan pada struktur dan tanaman perhutanan (Evans et al. 2013; Krishna et al. 2013; Rahim et al. 2011). Di Malaysia, beberapa spesies *Coptotermes* telah direkodkan menyerang struktur bangunan (Ab Majid & Ahmad 2009) dan pokok hiasan serta pokok hutan (Cheng et al. 2008; Chung 2008; Jasmi & Ahmad 2011).

Anai-anai juga merupakan serangga perusak utama kepada pelbagai jenis tanaman daripada famili palma (Arneaud et al. 2011; Jalaludin et al. 2018). Palma Manila, *Adonidia merrillii*, adalah sejenis pokok hiasan yang berasal dari negara Filipina dan Malaysia (Rojas-Sandoval 2022). Pokok ini boleh dijumpai tumbuh di kawasan perairan pantai, kawasan terganggu, kawasan hutan terbuka dan di sepanjang jalan serta taman termasuklah di Malaysia. *Adonidia merrillii* tumbuh sihat di kawasan tropika dengan suhu sekitar 22°C hingga 32°C dan hujan tahunan sekitar 2000-2500 mm. Tambahan lagi, pokok ini mempunyai toleransi terhadap garam dan ketahanan angin yang bagus (Lim 2012). Palma Manila merupakan antara pokok palma yang terkenal sebagai pokok hiasan di kawasan bandar. Pokok ini digunakan dalam perhiasan landskap di dalam pusat membeli-belah, kawasan pejabat dan lobi di seluruh dunia (Rojas-Sandoval 2022). Di Barat, pokok Palma Manila juga dikenali sebagai *Christmas Palm* kerana kelompok buahnya yang berwarna merah terang terutamanya pada musim sejuk. Daun yang mati akan gugur dengan sendiri membuatkan pokok ini senang untuk dijaga dan sesuai sebagai tanaman hiasan (University of Florida 2018).

Pokok palma hiasan seperti *A. merrillii* juga tidak terlepas daripada ancaman kerosakan anai-anai yang boleh menyebabkan kerosakan pada batang pokok tersebut. Selain boleh mengakibatkan kematian pokok, batangnya juga akan menjadi kurang kukuh dan boleh

tumbang disebabkan kerosakan yang dilakukan anai-anai. Kajian oleh Mandal et al. (2010) menunjukkan hampir 50% serangan anai-anai berlaku pada batang pokok. Jasmi dan Ahmad (2011) pula mendapati sebanyak 74% serangan yang berlaku ke atas pokok adalah daripada *Coptotermes curvignathus*. Salah satu simptom serangan yang dikenal pasti dalam kajian tersebut adalah dengan kesan lapisan tanah pada batang pokok.

Oleh sebab itu, pengesanan awal terhadap kehadiran anai-anai adalah penting untuk menghindarkan daripada kerosakan yang lebih serius terhadap struktur bangunan dan tanaman. Pelbagai jenis teknik pengesanan telah diperkenalkan seperti penggunaan anjing (Brooks et al. 2003), sensor tanpa wayar (Oliver-Villanueva & Abián-Pérez 2013), borescope (Sutherland et al. 2014) dan pengimejan termal (Lee 2014). Kebanyakan syarikat pengawalan haiwan perosak di Malaysia masih bergantung pada teknik visual untuk mengesan kerosakan anai-anai. Walaubagaimanapun, teknik ini hanya membolehkan pengesanan anai-anai dilakukan apabila kerosakan telah dibuat menyebabkan kelewatan dalam tindakan kawalan. Teknik ini juga amat bergantung terhadap pengalaman dan kemahiran pekerja yang pelbagai, menghasilkan keputusan yang berlainan dan tidak setara.

Teknik pengesanan akustik ini berdasarkan prinsip bunyi yang dikeluarkan hasil daripada aktiviti anai-anai seperti pergerakan dan pemakanan (Indrayani 2003; Lewis & Lemaster 1991; Mankin et al. 2011; Mankin et al. 2002). Pelepasan akustik ataupun *acoustic emission* boleh didefinisikan sebagai tenaga elastik yang dilepaskan secara spontan oleh bahan yang mengalami perubahan bentuk (Lemaster et al. 1997). Tenaga ini pula akan pindah dalam bahan tersebut sebagai gelombang tekanan dan kebiasaannya dikesan oleh transduser piezoelektrik yang seterusnya akan mengubah kepada signal elektrik. Aktiviti anai-anai dapat menyumbang kepada signal tersebut.

Dalam kajian ini, teknik pengesanan akustik telah dipilih sebagai teknik pengesanan anai-anai. Pengesanan akustik mempunyai beberapa kelebihan yang menjadikannya sesuai sebagai teknik pengesanan anai-anai di samping untuk serangga perosak yang lain bagi famili pokok palma seperti kumbang merah palma (Jalinas et al. 2019). Oleh itu, objektif kajian ini adalah untuk mengesan kehadiran anai-anai melalui teknik akustik dan visual pada pokok palma Manila, *A. merrillii*, dan untuk mengenalpasti dan memperihalkan ciri-ciri akustik temporal dan spektral dengan jumlah bilangan individu anai-anai yang berbeza.

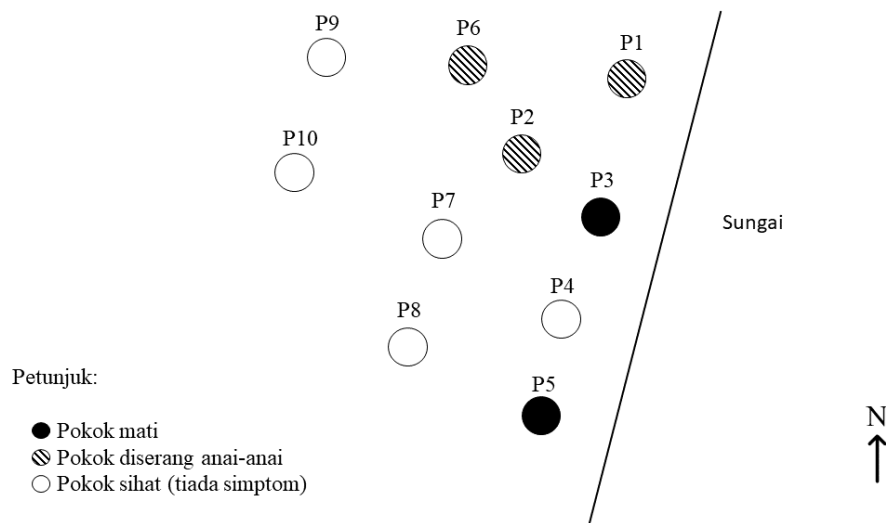
## BAHAN DAN KAEDAH KAJIAN

### Lokasi Kajian

Kajian ini dijalankan di Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) kampus Bangi yang terletak di Selangor Darul Ehsan, dalam 35 kilometer dari bandaraya Kuala Lumpur. Kampus ini mempunyai keluasan seluas 1,096 hektar yang berkoordinat 2.93°N dan 101.78°E (Universiti Kebangsaan Malaysia, 2020).

### Teknik Visual

Sebanyak 10 batang pokok *A. merrillii* di kawasan kajian (Rajah 1) telah dikenalpasti. Pemeriksaan secara visual dan rakaman akustik telah dijalankan pada pokok-pokok tersebut. Teknik visual bagi pengesanan anai-anai dilakukan seperti dalam Zorzenon dan Campos (2015). Kewujudan anai-anai dilihat melalui kehadiran terowong tanah ataupun *mud tube* pada kulit pokok, pemerhatian langsung anai-anai pada atas atau bawah kulit pokok dan rekahan, rongga, atau kerosakan yang berpunca daripada aktiviti anai-anai.



Rajah 1. Pelan kedudukan pokok Palma Manila di kawasan kajian

### Rakaman Akustik

Isyarat akustik dirakam selama 180 s sekali pada setiap pokok (Rajah 1) menggunakan alat sensor-preamplifier module (SP-1L, Acoustic Emission Consulting [AEC] Inc., Sacramento, CA) (Jalinas et al. 2019; Zaki & Jalinas 2022). Isyarat tersebut dihantar oleh sensor module melalui sebuah amplifiler (AED, 2010L, AEC Inc. Sacramento, CA) kepada sebuah perakam audio digital (model DR-05 TASCAM). Isyarat ini direkodkan dan dipantau dengan penggunaan fon kepala yang bersambung kepada perakam audio digital. Sebelum rakaman dilakukan, sebuah skru dimasukkan ke dalam lubang pokok bagi tujuan pandu arah isyarat.

### Kerja Makmal

Rakaman akustik selama 180 s bagi anai-anai telah dilakukan di dalam makmal bagi memperoleh rakaman yang lebih terperinci. Anai-anai telah diletak di dalam bekas-bekas yang berasingan mengikut bilangan iaitu 5, 10, 15 dan 20 anai-anai. Penutup bekas tersebut akan ditebuk menggunakan sebuah skru untuk dihubungkan dengan alat sensor-preamplifier module untuk tujuan rakaman akustik. Ulangan sebanyak tiga kali telah dilakukan bagi setiap sampel.

### Koleksi Sampel

Sampel anai-anai diambil untuk tujuan pengenalpastian spesies. Anai-anai telah disampelkan menggunakan forcep dan diletakkan di dalam botol yang alkohol 70%. Setiap botol dilabel dengan nama, lokasi, dan tarikh persampelan. Pengenalpastian spesies anai-anai dilakukan dengan merujuk pada buku kekunci Tho dan Kirton (1992).

### Pemprosesan Isyarat Digital

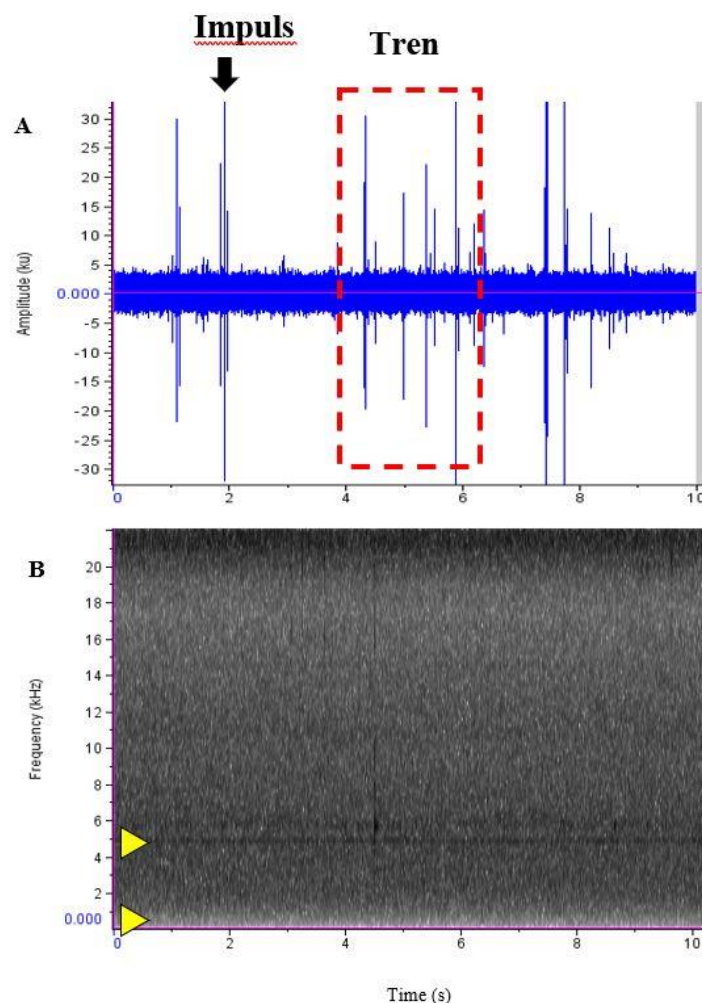
Isyarat yang direkodkan bagi setiap rakaman akustik dianalisis menggunakan perisian Raven Pro 1.3 (The Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, United States of America). Analisis ini dapat mengasingkan bunyi yang dikeluarkan oleh anai-anai daripada bunyi latar belakang. Bunyi latar belakang kebiasaannya mempunyai isyarat kurang daripada 200 Hz (Mankin & Moore 2010). Isyarat aktiviti anai-anai dapat dikenal pasti apabila amplitud yang dihasilkan melebihi ambang bunyi latar belakang. Analisis purata kadar aktiviti anai-anai juga diadaptasi

daripada Mankin et al. (2002) melalui pengiraan bilangan impuls berdasarkan tempoh masa yang direkodkan.

### Analisis Ciri-ciri Temporal dan Spektral

Analisis temporal dijalankan untuk mengetahui tempoh masa impuls yang dihasilkan oleh anai-anai. Corak temporal yang terhasil mengandungi “bursts” atau kumpulan impuls (tren) yang diselangi kurang dari 250 ms (Mankin et al. 2008; Jalinus et al. 2015). Hal ini berbeza dengan bunyi latar belakang yang berterusan sepanjang masa atau terjadi sebagai impuls yang terasing yang berbeza daripada “bursts”. Rajah 2(A) merupakan oscillogram bagi contoh rakaman akustik selama 10 s yang menunjukkan kumpulan impuls atau tren yang dihasilkan oleh anai-anai. Tempoh masa bagi impuls dikira melalui masa awal impuls dan masa akhir impuls. Rajah 2(B) spektrogram menunjukkan frekuensi yang terhasil daripada aktiviti anai-anai. Warna gelap pada 5 kHz menunjukkan tenaga yang tinggi terhasil manakala warna cerah merupakan bunyi latar belakang yang ditandai terletak pada 0 hingga 1.5 kHz.

Analisis spektral dijalankan untuk mengetahui ciri-ciri profil yang dihasilkan oleh anai-anai. Ia dilakukan bagi membezakan bunyi anai-anai daripada bunyi latar belakang dan untuk perbandingan antara bilangan anai-anai.



Rajah 2. Oscillogram (A) dan spektrogram (B) yang bertempoh 10 s yang menunjukkan contoh impuls yang terhasil daripada anai-anai

### Analisis Statistik

Analisis statistik yang digunakan adalah ujian ANOVA satu-hala melalui perisian IBM Statistics 24.0 untuk mengenal pasti perbezaan signifikan dalam rakaman aktiviti anai-anai dari segi purata kadar aktiviti dan purata masa impuls mengikut bilangan anai-anai yang berbeza.

## HASIL

### Pengesanan Serangan Anai-anai Secara Visual dan Akustik

Kedudukan semua pokok yang dikaji adalah berdekatan antara satu sama lain dan terdapat sungai di sebelah pokok-pokok ini (Rajah 1). Melalui pengesanan visual, terdapat tiga daripada 10 pokok Palma Manila, *A. merrillii*, menunjukkan kesan serangan anai-anai (Rajah 3A). Ketiga-tiga pokok tersebut yang ditanda P1, P2, dan P6 terletak berdekatan antara satu sama lain. Serangan anai-anai dapat dilihat dengan kesan lapisan tanah pada batang pokok tersebut yang merupakan laluan bagi anai-anai (Rajah 3B). Tiada sebarang tanda pada bahagian pucuk pokok yang menunjukkan bahawa pokok-pokok tersebut diserang oleh anai-anai. Busut anai-anai juga tidak dapat dilihat di kawasan sekeliling.

Apabila pengesanan akustik dijalankan pada kesemua pokok, didapati bahawa terdapat lima pokok yang diserang oleh anai-anai. Tambahan dua pokok yang lain adalah P3 dan P5. Tiada kehadiran anai-anai dapat dilihat di bahagian luar kedua-dua pokok tersebut tetapi pengesanan akustik mendedahkan terdapatnya aktiviti anai-anai di dalam batang.



Rajah 3. A) Pokok mati (P5) yang tumbang diserang anai-anai B) Tanah yang membaluti batang pokok (P6) merupakan simptom serangan anai-anai

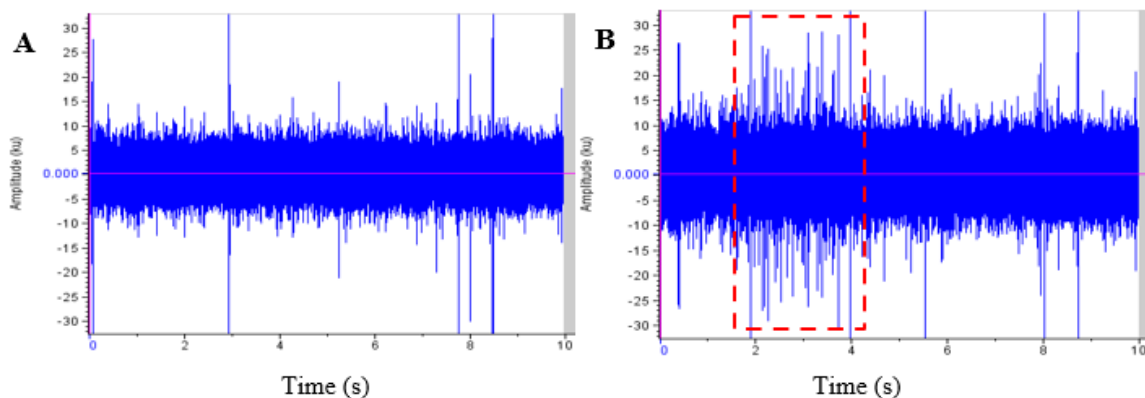
Spesies anai-anai yang menyerang pokok Palma Manila tersebut merupakan *Coptotermes* sp. Spesies *Coptotermes* ini mempunyai panjang 5.41 mm dan lebar sepanjang

1.04 mm (Rajah 4). Anai-anai genus *Coptotermes* didapati tidak membina busut, sebaliknya membina koloninya di bawah tanah.



Rajah 4. Spesies *Coptotermes* yang dijumpai menyerang pokok Palma Manila

Rajah 5 menunjukkan sampel rakaman akustik 10s yang direkodkan pada pokok yang sihat iaitu tidak diserang anai-anai dan pokok yang diserang anai-anai. Pokok yang diserang anai-anai menunjukkan lebih banyak impuls dalam jarak masa yang pendek dengan amplitud yang lebih tinggi seperti yang ditandai dalam oscillogram apabila dibandingkan dengan pokok yang sihat.

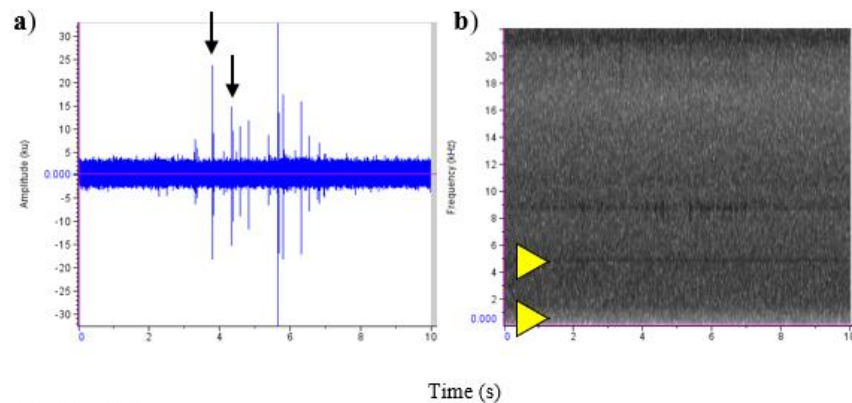


Rajah 5. Oscillogram menunjukkan rakaman isyarat yang direkodkan pada A) pokok yang sihat (P4) dan B) pokok yang diserang anai-anai (P2)

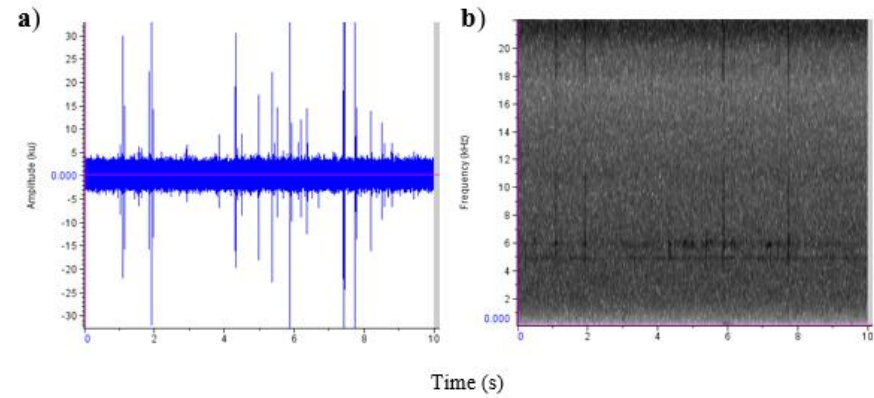
### Ciri-ciri Temporal Mengikuti Bilangan Individu Akustik Anai-anai

Perbezaan bilangan anai-anai menghasilkan bilangan impuls dan amplitud yang berbeza pada oscillogram (Rajah 8). Bilangan individu anai-anai yang meningkat menghasilkan impuls yang kerap, kecuali bagi n=20.

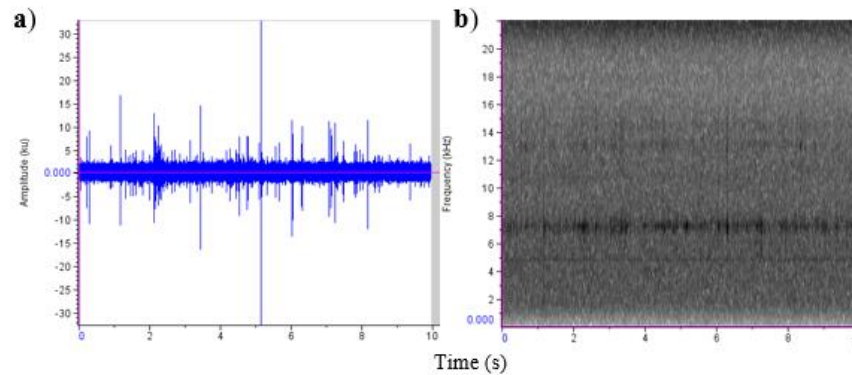
1) n = 5



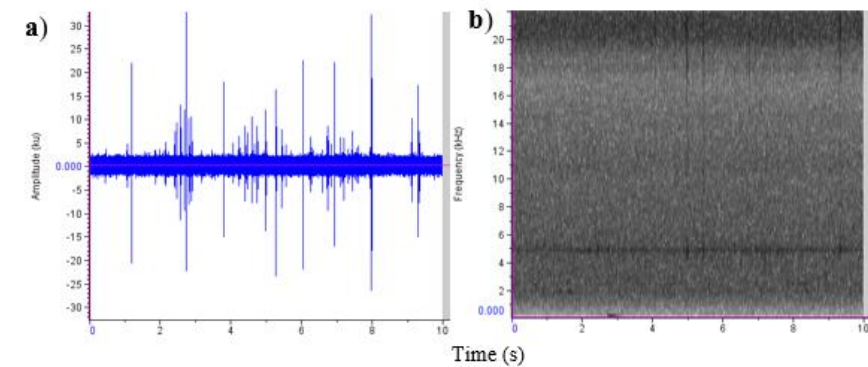
2) n = 10



3) n = 15



4) n = 20



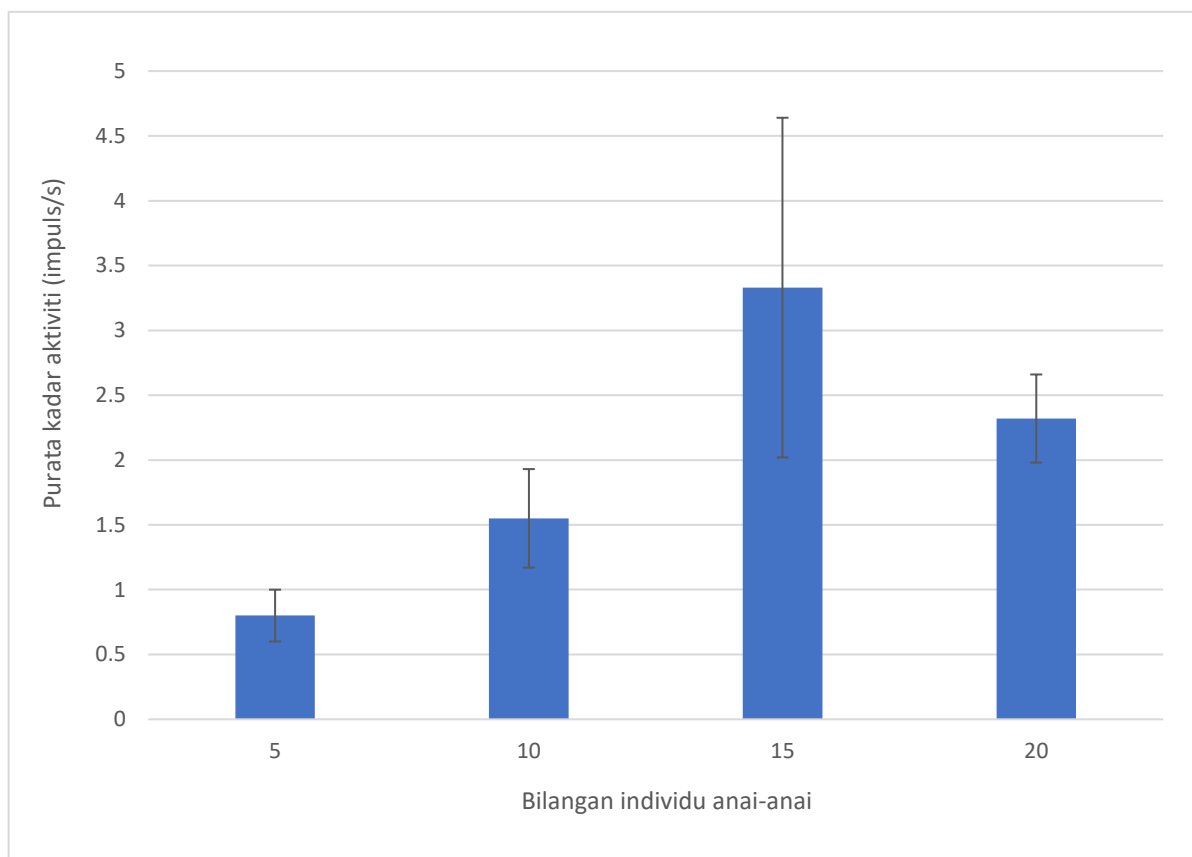
Rajah 8. Oscillogram (a) dan spektogram (b) bagi bilangan anai-anai *Coptotermes* sp. Sebahagian daripada impuls ditandai dengan anak panah dalam oscillogram. Warna gelap yang ditandai pada spektogram menunjukkan frekuensi yang tinggi dan warna cerah di bahagian bawah spektogram menunjukkan bunyi latar belakang dengan frekuensi antara 0 dan 2 kHz



**Perbandingan Aktiviti dan Purata Masa Impuls Mengikut Bilangan Individu Anai-anai**  
Berdasarkan Jadual 1 dan Rajah 6, purata kadar aktiviti meningkat dengan bilangan individu anai-anai daripada  $n=5$  sehingga  $n=15$ . Purata kadar aktiviti kemudian menurun bagi  $n=20$ . Hasil daripada analisis statistik dengan menggunakan ANOVA Satu-hala menunjukkan nilai  $P$  adalah  $0.132$  ( $P>0.05$ ) dan purata aktiviti anai-anai mengikut bilangan individu anai-anai adalah tidak signifikan.

Jadual 1. Purata kadar aktiviti mengikut bilangan individu anai-anai yang dirakam di dalam makmal

Bilangan Individu Anai-anai	Purata Kadar Aktiviti (impuls/s)
5	$0.80 \pm 0.20$
10	$1.55 \pm 0.38$
15	$3.33 \pm 1.31$
20	$2.32 \pm 0.34$

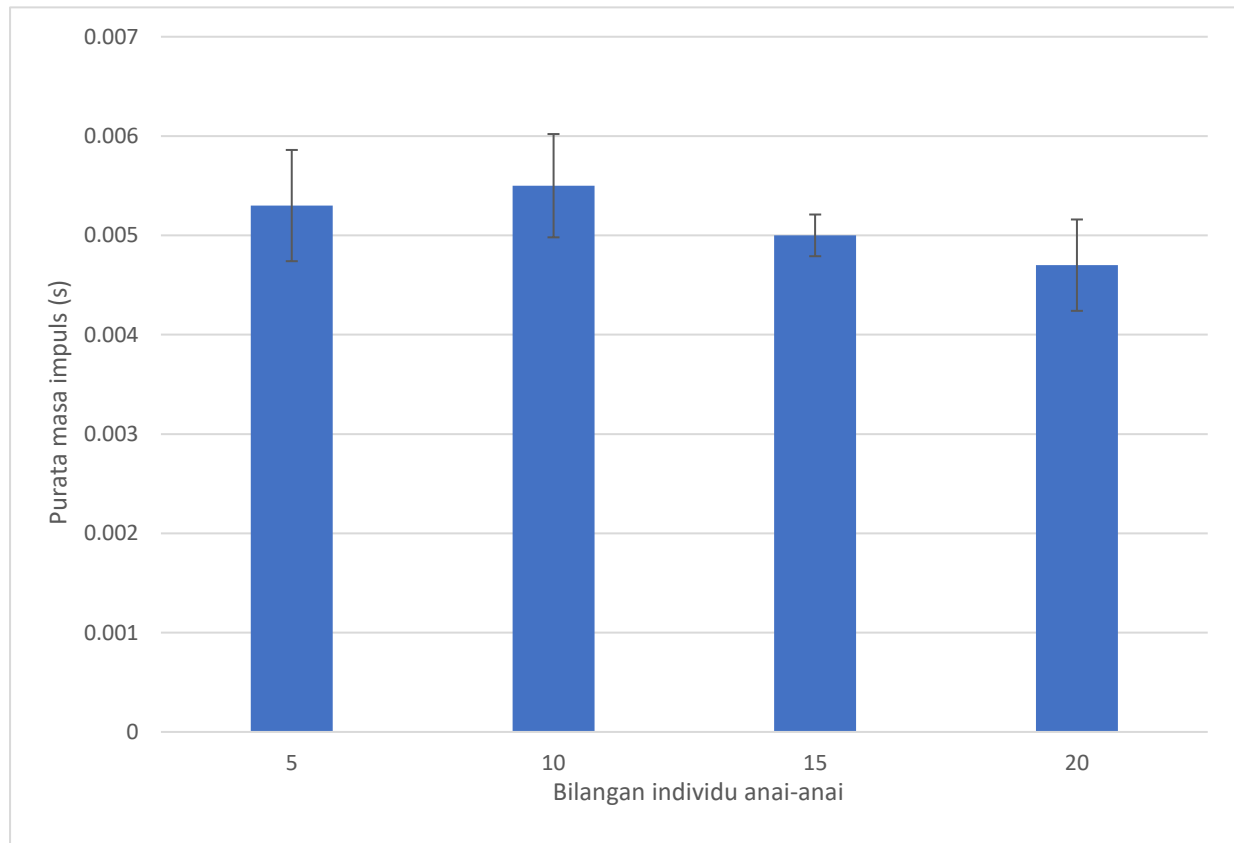


Rajah 6. Purata kadar aktiviti anai-anai (impuls/s) mengikut bilangan individu anai-anai

Berdasarkan Jadual 2 dan Rajah 7, anggaran masa impuls bagi spesies *Coptotermes* yang dapat dilihat adalah antara  $0.0047$  s sehingga  $0.0055$  s. Hasil daripada analisis statistik dengan menggunakan ANOVA Satu-hala menunjukkan nilai  $P$  adalah  $0.160$  ( $P>0.05$ ) dan purata masa impuls(s) mengikut bilangan individu anai-anai adalah tidak signifikan

Jadual 2. Purata masa impuls mengikut bilangan individu anai-anai yang dirakam di dalam makmal

Bilangan Individu Anai-anai	Purata Masa Impuls (s)
5	0.0053±0.0056
10	0.0055±0.0052
15	0.0050±0.0021
20	0.0047±0.0046



Rajah 7. Purata masa impuls(s) mengikut bilangan individu anai-anai

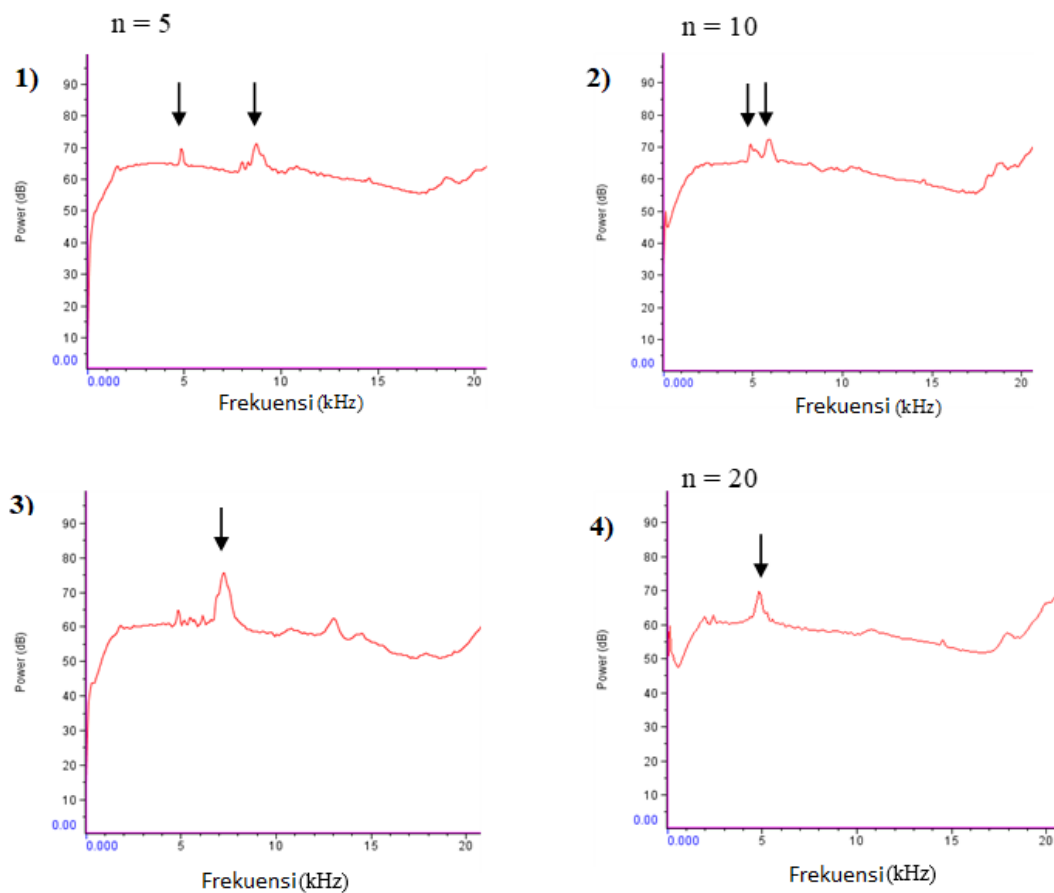
**Analisis Ciri-ciri Spektral Mengikut Bilangan Individu Anai-Anai**

Profil spektral (Rajah 9) menunjukkan terdapat dua puncak amplitud bagi n=5 dan n=10, manakala hanya satu puncak amplitud dapat dilihat bagi n=15 dan n=20. Frekuensi dominan bagi anai-anai *Coptotermes* sp. ini terletak antara 4 kHz – 8kHz dengan julat frekuensi antara 1 kHz – 3 kHz (Jadual 3).

Jadual 3. Frekuensi dominan dan julat frekuensi bagi profil spektral mengikut bilangan individu anai-anai

Bilangan Individu Anai-anai	Frekuensi Dominan (kHz)	Julat Frekuensi (kHz)
5	1) 4.4	1) 1.4
	2) 8.2	2) 2.9
10	1) 5.5	1) 1.0
	2) 4.4	2) 1.0

15	7.0	1.8
20	4.6	1.7



Rajah 9. Profil spektral bagi bilangan individu anai-anai yang berbeza yang direkod di dalam makmal

## PERBINCANGAN

Pengesanan anai-anai secara visual dan akustik merupakan dua kaedah pengesanan yang mempunyai perbezaannya yang tersendiri. Pengesanan visual melibatkan tindakan pemerhatian terhadap tanda-tanda kehadiran anai-anai dan perkara ini boleh dipengaruhi oleh pengalaman dan keupayaan seseorang individu. Dalam sesetengah kes, pengesanan secara visual dapat dilakukan pantas dan tidak memerlukan alat yang khusus. Walaubagaimanapun, kaedah ini tidak dapat mengesan anai-anai yang berada di sebalik dinding dan kawasan tersembunyi. Pengesanan akustik pula melibatkan penggunaan bunyi yang dikeluarkan hasil daripada aktiviti anai-anai. Alat-alat khusus digunakan bagi merakam bunyi dan mengenal pasti kehadiran anai-anai termasuklah di kawasan tersembunyi dan kawasan di mana pengesanan visual tidak dapat dilaksanakan. Dalam kajian ini, tambahan dua pokok Palma Manila (P3 dan P5) telah didapati mempunyai kehadiran anai-anai walaupun kehadirannya tidak kelihatan pada pokok tersebut. Kajian oleh Mankin et al. (2002) juga menunjukkan keupayaan pengesanan akustik dalam mengesan kehadiran anai-anai dengan pantas dalam pokok di kawasan persekitaran bandar. Bunyi yang dikeluarkan hasil daripada aktiviti pemakanan anai-anai

merupakan faktor utama bagi mengesan kehadiran anai-anai di sesuatu tempat (Scheffrahn et al. 1993).

Bagi pencirian ciri-ciri temporal, impuls yang dihasilkan oleh serangga dapat dikenal pasti apabila terdapat corak menunjukkan jarak masa yang pendek dan frekuensi yang tinggi. Ciri-ciri ini dapat memberi perbezaan antara bunyi yang dihasilkan oleh aktiviti anai-anai dan dari bunyi latar belakang (Mankin et al. 2009). Dari segi purata kadar aktiviti,  $n=15$  menghasilkan purata kadar aktiviti paling tinggi iaitu sebanyak 3.3 impuls/s dan  $n=5$  menghasilkan impuls yang paling rendah iaitu sebanyak 0.80 impuls/s. Purata kadar aktiviti akan meningkat dengan bilangan anai-anai. Tetapi dalam kajian ini,  $n=20$  menunjukkan penurunan purata kadar aktiviti anai-anai. Hal ini boleh terjadi disebabkan oleh beberapa perkara. Antaranya adalah kerana faktor suhu dan kelembapan. Suhu dan kelembapan boleh memberi kesan terhadap kemandirian dan aktiviti anai-anai. Secara umumnya, anai-anai spesies *Coptotermes* mempunyai julat suhu yang besar dan kelembapan yang tinggi (Cao & Su 2016; Wiltz 2012). Akan tetapi, suhu di kawasan kajian dan di dalam makmal tidak menunjukkan perbezaan yang ketara. Kajian oleh Cao & Su (2016) juga menunjukkan bahawa anai-anai *C. gestroi* yang aktif adalah dalam julat suhu antara 13.0 sehingga 38.6°C. Selain itu, anai-anai *subterranean* mudah kehilangan air dan situasi ini akan membuatkan anai-anai tersebut menjadi kurang aktif justeru menghasilkan purata kadar aktiviti yang rendah. Tambahan lagi, sampel  $n=20$  merupakan sampel yang terakhir dalam rakaman akustik dan hal ini membuatkan anai-anai tersebut didedahkan kepada udara dengan lebih lama berbanding dengan sampel anai-anai yang lain. Perkara ini boleh dielakkan dengan mengambil rakaman akustik terus selepas anai-anai disampelkan daripada pokok. Walaubagaimanapun, purata kadar aktiviti anai-anai tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan antara semua sampel.

Kajian berkenaan pengeluaran akustik berdasarkan bilangan anai-anai telah dilakukan sebelum ini. Secara umumnya, peningkatan bilangan anai-anai menghasilkan pengeluaran akustik yang meningkat. Kajian oleh Mankin et al. (2002) menunjukkan minima bilangan anai-anai yang boleh dikesan adalah dalam jumlah sekitar 55 dan menyatakan bahawa sejumlah 50 atau kurang anai-anai dalam sebongkah kayu sukar untuk dikesan dengan adanya bunyi latar belakang. Scheffrahn et al. (1993) juga telah melakukan kajian pengeluaran akustik berdasarkan bilangan anai-anai daripada empat spesies yang berlainan dan hasilnya menunjukkan pengeluaran akustik semakin meningkat selari dengan bilangan anai-anai bagi semua spesies kecuali bagi *Coptotermes formosanus* dan *Reticulitermes flavipes*. Tambahan lagi, kajian ini menyatakan gangguan pada anai-anai tidak memberi perbezaan yang ketara terhadap pengeluaran akustik. Selain itu, Scheffrahn et al. (1993) dan Lewis and Lemaster (1991) turut mendapat hasil yang sama iaitu pengeluaran akustik meningkat selari dengan bilangan anai-anai. Mankin et al. (2002) turut menyatakan bahawa saiz anai-anai, tahap aktiviti yang seterusnya bergantung pada suhu dan kelembapan, ciri-ciri koefisien kayu atau substrat, spesies kayu, dan jarak antara pengeluaran akustik dan sensor semuanya saling mempengaruhi dalam mengenal pasti amplitud pengeluaran akustik tersebut.

Ciri-ciri spektral yang dihasilkan oleh kesemua bilangan individu anai-anai tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan disebabkan semua anai-anai merupakan spesies yang sama. Oleh sebab itu, purata masa impuls yang direkodkan tidak menunjukkan perbezaan yang ketara iaitu antara 4.7 ms sehingga 5.5 ms. Purata masa impuls yang dihasilkan termasuk dalam julat impuls yang dicadangkan oleh Mankin and Moore (2010) iaitu antara 3 - 10 ms yang mewakili tempoh impuls bagi kehadiran serangga. Kajian oleh Zhang et al. juga menunjukkan penghasilan bunyi oleh larva serangga perosak *Phyllophaga crinita* iaitu kurang daripada 10

ms. Larva kumbang *Longhorn Asia*, *Anoplophora glabripennis*, juga telah menunjukkan julat impuls yang serupa (Mankin et al. 2008).

Dari segi ciri-ciri spektral, anai-anai tersebut mengeluarkan frekuensi yang tinggi dalam jangka masa yang pendek. Profil spektral dapat mengasingkan bunyi anai-anai daripada bunyi latar belakang dan profil spektral anai-anai yang berlainan spesies adalah lebih sepadan apabila dibandingkan dengan bunyi latar belakang (Mankin et al. 2002). Kajian ini menunjukkan profil spektral yang dihasilkan oleh spesies *Coptotermes* mempunyai corak yang hampir sama iaitu amplitud yang tinggi terletak antara 5 dan 10 kHz bagi kesemua bilangan anai-anai. Dalam kajian yang dilakukan oleh Zaki dan Jalinus (2022), profil spektral yang dihasilkan oleh spesies *Nasutitermes*, *Globitermes*, dan *Macrotermes* menunjukkan puncak amplitud berhampiran 10 kHz dan hasil ini seiring dengan spesies *Coptotermes* dalam kajian ini.

### KESIMPULAN

Pengesanan akustik pada pokok Palma Manila, *A. merrillii*, menunjukkan bahawa terdapatnya anai-anai pada pokok-pokok tersebut walaupun dari segi visual, kehadiran anai-anai tidak dapat dilihat pada semua pokok yang ada. Ciri-ciri temporal dan spektral tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan bagi semua jumlah bilangan anai-anai. Purata masa impuls yang terhasil juga adalah selaras dengan cadangan julat masa impuls untuk kehadiran serangga. Cadangan untuk kajian akan datang adalah dengan menambah bilangan anai-anai agar dapat memberi hasil yang lebih terperinci. Maklumat tentang temporal dan spektral *Coptotermes* sp. ini boleh dijadikan sebagai rujukan untuk perbandingan antara spesies anai-anai yang lain.

### PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan diucapkan kepada ahli-ahli penyelidik Makmal Entomologi Gunaan, Pusat Sistemik Serangga UKM dan dana penyelidikan kerjasama UKM dan Sime Darby Research Sdn. Bhd (ST-2017-011) atas pembelian alatan akustik.

### PENGISYTIHARAN PENGARANG

#### **Pernyataan Biaya**

Dana penyelidikan bagi pembelian alatan akustik melalui projek bersama UKM dan Sime Darby Research Sdn. Bhd (ST-2017-011)

#### **Percanggahan Kepentingan**

Penulis-penulis mengisytiharkan bahawa tidak mempunyai konflik kepentingan.

#### **Penyataan Etika**

Tiada isu etika diperlukan untuk penyelidikan ini.

#### **Pernyataan Kehadiran Data Tambahan**

Tiada

## RUJUKAN

- Ab Majid, A.H., & Ahmad, A. 2009. The status of subterranean termite infestation in Penang, Seberang Perai and Kedah, Malaysia. *Malaysian Applied Biology* 38(2): 37-48.
- Jasmi, A.H. & Ahmad, A.H. 2011. Termite incidence on an *Araucaria* plantation forest in Teluk Bahang, Penang. *Insects* 2(4): 469-474.
- Arneaud, L.L., Farrell, A.D. & Oatham, M.P. 2021. Do arboreal termite nests increase mortality in *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae) during wildfires?. *Neotropical Biodiversity* 7(1): 86-90.
- Brooks, S.E., Oi, F.M. & Koehler, P.G. 2003. Ability of canine termite detectors to locate live termites and discriminate them from non-termite material. *Journal of Economic Entomology* 96(4): 1259-1266.
- Cao, R., & Su, N.Y. 2016. Temperature preferences of four subterranean termite species (Isoptera: Rhinotermitidae) and temperature dependent survivorship and wood consumption rate. *Annals of the Entomological Society of America* 109: 64-71.
- Cheng, S., Kirton, L. & Gurmit, S. 2008. Termite attack on oil palm grown on peat soil: identification of pest species and factors contributing to the problem. *The Planter* 84(991): 659-670.
- Chung, A. 2008. Insects associated with some ornamental plants in Sabah, Malaysia. Paper presented at the 7<sup>th</sup> International Conference on Plant Protection.
- Evans, T.A., Forschler, B.T. & Grace, J.K. 2013. Biology of invasive termites: A worldwide review. *Annual Review of Entomology* 58: 455-474.
- Indrayani, Y. 2003. Feeding activities of the dry-wood termite *Cryptotermes domesticus* (Haviland) under various relative humidity and temperature conditions using acoustic emission monitoring. *Japanese Journal of Environmental Entomology and Zoology* 14(4): 205-212.
- Jalaludin, N-A., Rahim, F. & Yaakop, S. 2018. Termite associated to oil palm stands in three types of soils in Ladang Endau Rompin, Pahang, Malaysia. *Sains Malaysiana* 47(9): 1961-196.
- Jalinus, J., Güerri-Agulló, B., Mankin, R.W., López-Follana, R. & Lopez-Llorca, L.V. 2015. Acoustic assessment of *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) effects on *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae) larval activity and mortality. *Journal of Economic Entomology* 108 (2): 444-453.
- Jalinus, J., Güerri-Agulló, B., Dosunmu, O.G., Haseeb, M., Lopez-Llorca, L.V. & Mankin, R.W. 2019. Acoustic signal applications in detection and management of *Rhynchophorus* spp. in fruit-crops and ornamental palms. *The Florida Entomologist* 102(3): 475-479.
- Khan, M.A. & Ahmad, W. 2018. *Termites and Sustainable Management*. Switzerland: Springer Nature.

- Krishna, K., Grimaldi, D.A., Krishna, V. & Engel, M.S. 2013. Treatise on the Isoptera of the world. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 377(1): 1-200.
- Lee, C.Y. 2014. *Termites of Singapore A Scientific Guide for Pest Management Professionals*. Singapore: Singapore Pest Management Association.
- Lemaster, R.L., Beall, F. & Lewis, V. 1997. Detection of termites with acoustic emission. *Forest Products Journal* 47: 75-79.
- Lewis, V.R. & Lemaster, R.L. 1991. The potential of using acoustical emission to detect termites within wood. *Proceedings of The Symposium on Current Research on Wood-Destroying Organisms and Future Prospects for Protecting Wood in Use*, hlm. 34-37.
- Lim, T.K. 2012. *Adonidia merrillii*. In Lim T.K. (ed.). *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Fruits*. Vol. 1, hlm. 257-259. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- Mandal, B., Bashar, K., Howlader, A. & Rahman, K. 2010. Incidence of termite infestation to tree species in Jahangirnagar University Campus, Bangladesh. *Bangladesh Journal of Life Science* 22(2): 7-15.
- Mankin, R., Hagstrum, D., Smith, M., Roda, A. & Kairo, M. 2011. Perspective and promise: A century of insect acoustic detection and monitoring. *American Entomologist* 57(1): 30-44.
- Mankin, R. & Moore, A. 2010. Acoustic detection of *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) and *Nasutitermes luzonicus* (Isoptera: Termitidae) in palm trees in urban Guam. *Journal of Economic Entomology* 103(4): 1135-1143.
- Mankin, R., Osbrink, W., Oi, F. & Anderson, J. 2002. Acoustic detection of termite infestations in urban trees. *Journal of Economic Entomology* 95(5): 981-988.
- Mankin, R., Samson, P. & Chandler, K. 2009. Acoustic detection of Melolonthine larvae in Australian sugarcane. *Journal of Economic Entomology* 102(4): 1523-1535.
- Mankin, R., Smith, M., Tropp, J., Atkinson, E. & Jong, D. 2008. Detection of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) larvae in different host trees and tissues by automated analyses of sound-impulse frequency and temporal patterns. *Journal of Economic Entomology* 101(3): 838-849.
- Zaki, N.S.M. & Jalinus, J. 2022. *Anai-anai: Kehadiran dan Perincian Akustik*. UKM: Penerbit UKM
- Oliver-Villanueva, J. & Abián-Pérez, M. 2013. Advanced wireless sensors for termite detection in wood constructions. *Wood Science and Technology* 47(2): 269-280.
- Rahim, F., Esa, M., Mazalan, A., Onn, S., Billy, A., Kamarudin, N., Sajap, A. & Ghani, I. 2011. Termites of oil palm on peat soil: A 10-year collection from Endau Rompin. *Serangga* 16: 37-56.

- Rentokil. 2023. Masalah anai-anai di Malaysia.  
<https://www.rentokil.com/my/termites/anai-anai> [2 Oktober 2023]
- Rojas-Sandoval, J. 2022. *Adonidia merrillii* (Christmas palm). CABI: CABI Compendium.
- Scheffrahn, R.H., Robbins, W.P., Busey, P., Su, Nan-Yaou., Mueller, R.K. 1993. Evaluation of a novel, hand-held, acoustic emissions detector to monitor termites (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae) in Wood. *Journal of Economic Entomology* 86(6): 1720-1729.
- Sutherland, A.M., Tabuchi, R.L., Moore, S. & Lewis, V.R. 2014. Borescope-aided inspection may be useful in some drywood termite detection situations. *Forest Products Journal* 64(7): 304-309.
- Tho, Y.P. & Kirton, L.G. 1992. *Termites of Peninsular Malaysia*. Kuala Lumpur: Forest Research Institute Malaysia.
- Universiti Kebangsaan Malaysia. 2020. Information for visitors.  
<https://www.ukm.my/portal/visitor-information/> [31 Mac 2020]
- University of Florida. 2018. Christmas palm.  
<https://gardeningolutions.ifas.ufl.edu/plants/trees-and-shrubs/palms-and-cycads/christmas-palm.html> [15 Februari 2021]
- Wiltz, B. 2012. Effect of temperature and humidity on survival of *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology* 59(2): 381-394.
- Zorzenon, F. & Campos, A. 2015. Subterranean termites in urban forestry: Tree preference and management. *Neotropical Entomology* 44(2): 180-185.