



## Pengaruh frekuensi ultrasonik terhadap mortalitas serangga perusak kayu *Dinoderus minutus* Fabricius (Coleoptera: Bostrichidae)

The effect of ultrasound frequency on the mortality of wood borer beetles *Dinoderus minutus* Fabricius (Coleoptera: Bostrichidae)

Etik Susanti<sup>1\*</sup>, Aryo Seto Pandu Wiranto<sup>1</sup>, Agus Ismanto<sup>2</sup>,  
R. C. Hidayat Soesilohadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada  
Jalan Teknik Selatan, Senolowo, Sinduadi, Mlati, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan  
Jalan Gunung Batu No. 5, Bogor 16610, Indonesia

(diterima Juni 2019, disetujui Oktober 2021)

### ABSTRAK

*Dinoderus minutus* Fabricius (Coleoptera: Bostrichidae) merupakan hama utama perusak kayu dan bambu, dan menjadikannya sebagai relung ekologi. Pengendalian kumbang tersebut masih bergantung pada insektisida sintetik yang dapat memicu resistensi. Penelitian ini menjadi uji pendahuluan penggunaan frekuensi ultrasonik sebagai agen pengendalian *D. minutus*. Penelitian bertujuan untuk mempelajari pengaruh frekuensi ultrasonik terhadap mortalitas *D. minutus*. Metode yang digunakan adalah pemaparan frekuensi ultrasonik terhadap imago *D. minutus* selama 7 hari dan 14 hari di dalam ruangan dengan suhu udara 28 °C hingga 29 °C dan kelembaban udara 70% hingga 81%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi ultrasonik menghasilkan mortalitas sebesar 80,00% dengan durasi paparan 14 hari. Hasil menunjukkan bahwa frekuensi ultrasonik dengan waktu paparan yang tepat dapat digunakan sebagai bentuk pengendalian *D. minutus*.

**Kata kunci:** *Dinoderus minutus*, frekuensi ultrasonik, mortalitas

### ABSTRACT

*Dinoderus minutus* Fabricius (Coleoptera: Bostrichidae) is one of the main pests of wood and bamboo borer. Control of these insects is still dependent on the use of insecticides. This study is a preliminary test for the use of ultrasound frequency as a pest control agent. The research aims to study the effect of ultrasonic frequencies on *D. minutus* mortality. The method used exposure of ultrasonic frequency to imago *D. minutus* for 7 days and 14 days indoors with temperatures of 28 °C to 29 °C and humidity of 70% to 81%. Significant results for the ultrasonic frequency treatment which resulted in a *D. minutus* mortality of 80.00% with a duration of 14 days exposure. The results show that ultrasound frequency with the exact durations can be used as a form of *D. minutus* control.

**Key words:** *Dinoderus minutus*, mortality, ultrasound

\*Penulis korespondensi: Etik Susanti. Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Jalan Teknik Selatan, Senolowo, Sinduadi, Mlati, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia, Tel: 0274-902350, Faks: 0274-580589, Email: etik.susanti@mail.ugm.ac.id

## PENDAHULUAN

*Dinoderus minutus* (Coleoptera: Bostrichidae) atau *bamboo borer beetle* merupakan hama utama perusak bambu. Ciri bambu yang diserang adalah adanya lubang-lubang kecil sampai terjadi pengeroposan yang berakibat pada timbulnya serbuk putih pada bambu. *D. minutus* juga ditemukan pada berbagai substrat, seperti palem (*Livistona rotundifolia* var. *luzonensis*), spesies kayu keras, seperti (*Polyscias nodosa* dan *Albizia falcataria*), tepung terigu kering, jagung, singkong, dan rotan (Abood et al. 2010).

Keberadaan kumbang *D. minutus* belum dikenal secara luas karena masyarakat masih menganggap bahwa semua kerusakan pada kayu kering disebabkan oleh rayap (Ordo: Isoptera). Alasan utamanya adalah ciri kerusakan yang dihasilkan sama, yaitu perubahan kayu menjadi bentuk bubuk. Perbedaan ciri kerusakan terletak pada karakteristik bubuk yang dihasilkan, yaitu bubuk dari *D. minutus* memiliki tekstur yang lebih lembut (Kurniawan et al. 2015). *D. minutus* dapat mencapai tingkat berbahaya apabila terjadi perluasan habitat, yaitu meningkatnya kemampuan *D. minutus* untuk menyerang berbagai jenis kayu yang lain. Pada tahap tersebut *D. minutus* dapat menjadi serangga berbahaya bagi pemukiman manusia, terutama saat populasinya sudah tidak dapat terkontrol (Monteiro et al. 2016).

Potensi hama tersebut didukung dengan distribusi yang cukup luas karena *D. minutus* kosmopolit hampir di seluruh negara tropis dan subtropis, seperti China, India, Jepang Selatan, Indonesia, Myanmar, Malaysia, Thailand, Hong Kong, Taiwan, dan Singapura (Garcia 2005). Bahkan *D. minutus* tercatat sebagai hama perusak kayu terparah di Thailand dan Puerto Rico (Amerika Serikat), serta tercatat sebagai kumbang dengan tingkat kerusakan paling tinggi di Amerika Selatan khususnya di Ekuador dan Brazil karena dapat menghabiskan seluruh produk-produk berbahan baku bambu di perumahan penduduk (Jones 2008; Plank 1948).

Bentuk pengendalian *D. minutus* yang telah dilakukan adalah penggunaan musuh alami, seperti predator dan patogen (cendawan dan virus). Namun, penggunaan musuh alami tidak menjadi langkah yang tepat karena jumlah populasi di alam

terlalu besar dan tidak sebanding dengan jumlah predator yang ada (Garcia 2005). Pengendalian terbaru yang tidak dibatasi oleh resistensi adalah pengendalian secara *prophylactic*, yaitu upaya pencegahan dengan menyemprotkan cairan batang segar dengan dicampur zat anorganik pengawet air untuk menjaga kayu agar selalu lembab, hal ini mengacu pada faktor pembatas keberadaan *D. minutus* yang hanya menyerang pada kayu dan bambu kering. Akan tetapi, pengendalian tersebut kurang efektif karena justru akan menumbuhkan cendawan atau organisme yang lain (Baltazar 1981; Garcia 2005; Garcia & Morrell 2010). Oleh karena itu, penggunaan frekuensi ultrasonik menjadi inovasi baru dalam mengendalikan populasi *D. minutus*.

Serangga kumbang khususnya Famili Cicindelidae dan Scarabaeidae (Ordo Coleoptera) diketahui mampu merespon suara pada frekuensi ultrasonik dengan rentang 20.000 Hz sampai 100.000 Hz (Mason & Pollack 2016). Pada serangga nyamuk (Diptera: Culicidae) sudah dikembangkan alat pengendalian menggunakan frekuensi ultrasonik, bahkan sudah tersedia dalam bentuk perangkat lunak (Mason & Pollack 2016). Akan tetapi, pengendalian menggunakan frekuensi ultrasonik belum digunakan untuk anggota Ordo Coleoptera khususnya pada *D. minutus*. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap mortalitas *D. minutus* yang diberi paparan frekuensi ultrasonik dengan durasi 7 hari dan 14 hari. Penelitian bertujuan untuk melakukan pengujian pengaruh frekuensi ultrasonik terhadap tingkat mortalitas imago *D. minutus*, serta mempelajari perilaku makan *D. minutus* sebagai data pendukung.

## BAHAN DAN METODE

### Pemeliharaan *D. minutus*

Kumbang *D. minutus* berumur 4 bulan diperoleh dari *Southeast Asian Regional Centre For Tropical Biology* (SEAMEO BIOTROP) Bogor, Jawa Barat. Spesimen dipelihara menggunakan singkong kering (gapplek) dengan kadar air 8,19% dalam wadah plastik (stoples). Rentang suhu udara yang digunakan adalah 28 °C hingga 29 °C serta kelembaban udara 70% hingga 81% (Abood et.

al. 2010). Pemeliharaan *D. minutus* dilaksanakan di Laboratorium Entomologi, Universitas Gadjah Mada

### **Pengujian pengaruh frekuensi ultrasonik terhadap tingkat mortalitas imago *D. minutus***

Pengujian dengan frekuensi suara dilakukan dengan 4 perlakuan menggunakan alat pemancar frekuensi sonik serta ultrasonik, dilakukan 3 kali pengulangan dengan jumlah serangga per ulangan adalah 30 imago dewasa *D. minutus*. Frekuensi sonik sebesar 6.400 Hz dipaparkan melalui *Gogo Ultrasonic* yang dibeli dari *Alchemic Store* dan frekuensi ultrasonik dengan rentang 10 kHz sampai 65 kHz dipaparkan dari *Ultrasonic Electronic Pest Repeller Reject US Plug* yang didapatkan dari toko yang sama. Alat pertama (*Gogo Ultrasonic*) dapat disetel dengan rentang frekuensi tertentu menggunakan tombol putar yang ada pada alat. Alat kedua (*Ultrasonic Electronic Pest Repeller Reject US Plug*) tidak dapat disetel frekuensinya sehingga pada alat kedua, frekuensi tidak dapat dihitung karena keterbatasan alat pengukur frekuensi yang hanya dapat menangkap frekuensi sonik saja (dari ini dipastikan bahwa frekuensi yang dipancarkan alat kedua adalah frekuensi ultrasonik), rentang frekuensi hanya mengacu pada keterangan alat, yaitu 10 kHz sampai 65 kHz. Kedua alat pemancar frekuensi tersebut adalah alat yang dijual di pasaran dan harus tersambung dengan aliran listrik.

Perlakuan pertama dalam penelitian ini adalah menggunakan frekuensi alat pertama (sonik) dan dipancarkan selama 7 hari berturut-turut. Perlakuan kedua adalah melanjutkan perlakuan pertama sampai 14 hari dengan mengganti terlebih dahulu spesimen yang mati pada hari ke-7. Perlakuan satu dan dua (frekuensi sonik) dijadikan sebagai pembanding untuk perlakuan tiga dan empat (frekuensi ultrasonik). Perlakuan ketiga menggunakan frekuensi tidak teratur rentang ultrasonik pada alat kedua dan dipancarkan selama 7 hari berturut-turut, serta perlakuan keempat melanjutkan perlakuan ketiga sampai 14 hari dengan mengganti terlebih dahulu spesimen yang mati pada hari ke tujuh.

Imago *D. minutus* dimasukkan ke dalam 3 pot salep ukuran R200 (diameter 5 cm dan tinggi 6 cm), masing-masing terdapat 10 individu.

Setiap pot salep terdapat substrat berupa singkong kering (gaplek) dengan berat yang sama. Setiap perlakuan diberi kontrol berupa ambien frekuensi suara lingkungan dengan jumlah individu yang sama, yaitu 10 individu setiap pot salep R200. Pengujian dilakukan di dalam kotak kaca (*glass chamber*) dengan ukuran 70 cm x 70 cm dan ketebalan kaca 1,5 cm. Digunakan dua kotak kaca, satu untuk perlakuan frekuensi dan satunya untuk kontrol (ambien suara lingkungan non-perlakuan). Setiap hari jumlah individu yang mati dihitung dan dicatat ke dalam buku data sebagai data mortalitas.

### **Pengamatan perilaku makan *D. minutus* selama tiga bulan**

Sebanyak 9 stoples ukuran 7 cm x 7 cm x 5 cm diisi dengan singkong kering (gaplek) yang telah ditimbang beratnya, dan diisi dengan 10 individu imago *D. minutus*. Pengamatan dilakukan selama 4 bulan. Bulan kedua, ketiga, dan keempat dilakukan penimbangan berat pakan. Setelah empat bulan pemeliharaan, dilakukan pembedahan pakan dan dihitung jumlah total individu imago *D. minutus* yang masih hidup dan sudah mati.

### **Analisis data**

Data mortalitas *D. minutus* dari paparan frekuensi dianalisis menggunakan analisis ragam tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap mortalitas *D. minutus*. Apabila data didapatkan beda nyata maka analisis dilanjutkan dengan uji *Duncan's multiple test range* (DMRT) dengan tingkat kepercayaan 95%, serta dihitung koefisien korelasi terhadap perlakuan dan mortalitas (Gomez & Gomez 1984). Analisis menggunakan perangkat lunak SPSS 16.0.

## **HASIL**

### **Pengaruh pemaparan frekuensi ultrasonik terhadap mortalitas *D. minutus***

Paparan frekuensi ultrasonik terhadap imago *D. minutus* dengan durasi 14 hari menghasilkan mortalitas tertinggi, yaitu mencapai 80,00% dan menunjukkan hasil yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lain ( $F_{4,10} = 24,906$ ;  $P = 0,000$ ) (Tabel 1). Mortalitas *D. minutus* dari paparan frekuensi sonik tidak mencapai

50,00% baik antara durasi paparan 7 hari dan 14 hari, serta tidak menunjukkan adanya beda nyata dengan perlakuan lainnya ( $F_{4,10} = 24,906$ ;  $P = 0,055$ ) (Tabel 1).

### Perilaku makan *D.minutus* terhadap berat akhir dari substrat

Perkembangan populasi *D. minutus* dikatakan sangat pesat. Dalam waktu empat bulan, dari empat individu dapat berkembang menjadi 48 individu imago (berdasarkan pengamatan dari bulan Februari 2017 sampai Mei 2017) (Gambar 1) dan mampu menghabiskan substrat (singkong kering) sebanyak  $\pm 0,214$  gram/individu hanya dalam jangka waktu satu bulan (Gambar 2). Setiap individu memiliki lubang sendiri yang terhubung dengan lubang lainnya. Lubang tersebut digunakan untuk menyimpan telur, larva, maupun pupa dari individu betina yang jumlahnya banyak (Gambar 3).

## PEMBAHASAN

Paparan frekuensi ultrasonik terhadap serangga dapat membuat serangga menghentikan aktivitas makan. Rambatan frekuensi ultrasonik dari alat *Ultrasonic Electronic Pest Repeller Reject US Plug* pada substrat menyebabkan adanya gangguan pada *D. minutus*. Kumbang tersebut terlihat menghentikan aktivitasnya, kemudian keluar dari substrat (singkong kering) dan terbang menjauhi substrat. Paparan frekuensi yang dilakukan secara

terus menerus membuat *D. minutus* tidak dapat melanjutkan makan dan perlahan-lahan mulai mati. Berdasarkan pengamatan selama pemaparan, mortalitas lebih banyak karena kumbang tidak dapat melanjutkan aktifitas makan dan tidak dapat terbang menjauhi substrat. Hal tersebut terjadi karena getaran dari gelombang frekuensi mempengaruhi pot salep serta aktivitas gerak *D. minutus* terbatas karena ukuran pot salep yang kecil.

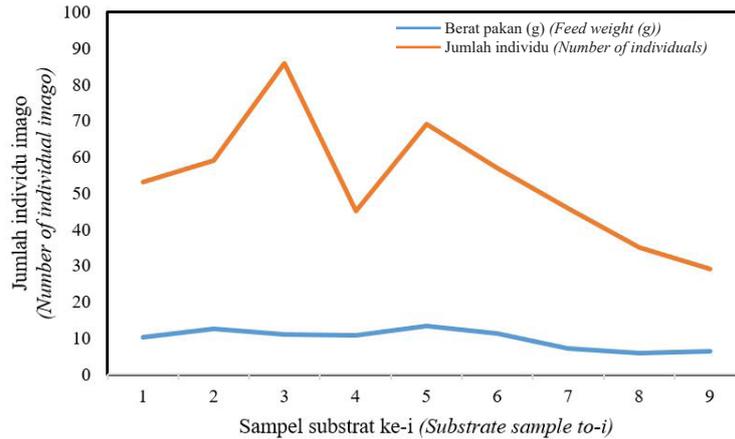
Intensitas frekuensi tinggi (pada tingkat maksimal) dapat menyebabkan kerusakan pada organ sensor, apabila durasi paparan lebih dari ambang batas yang dapat diterima (Rajashekar et al. 2012). Pada penelitian Karsulovic et al. (2007) yang menggunakan perlakuan frekuensi ultrasonik terhadap rayap *Reticulitermes flavipes* (Kollar) (Isoptera: Rhinotermitidae) pada pohon *Pinus radiata* diperoleh bahwa paparan frekuensi ultrasonik menyebabkan serangga rayap menghentikan aktivitas makan dan mulai naik sampai ketinggian 5 cm dari permukaan substrat. Hal tersebut menunjukkan adanya efek geotropisme negatif (menjauhi permukaan bumi, naik ke atas) karena frekuensi ultrasonik dapat menyebabkan adanya efek getaran yang menyebabkan substrat menjadi memadat (Skals et al. 2003). Selain itu, paparan frekuensi ultrasonik dapat mereduksi aktivitas terbang dari ngengat *Autographa gamma* (Linnaeus) (Skals et al. 2003). Pada paparan frekuensi 120 kHz, ngengat tersebut menghentikan aktivitas terbangnya dan memilih untuk melakukan pendaratan, sedangkan

**Tabel 1.** Mortalitas *Dinoderus minutus* terhadap pemaparan pada perlakuan frekuensi sonik dan frekuensi ultrasonik

**Table 1.** Mortality of *Dinoderus minutus* exposed to sonic and ultrasonic frequency treatments

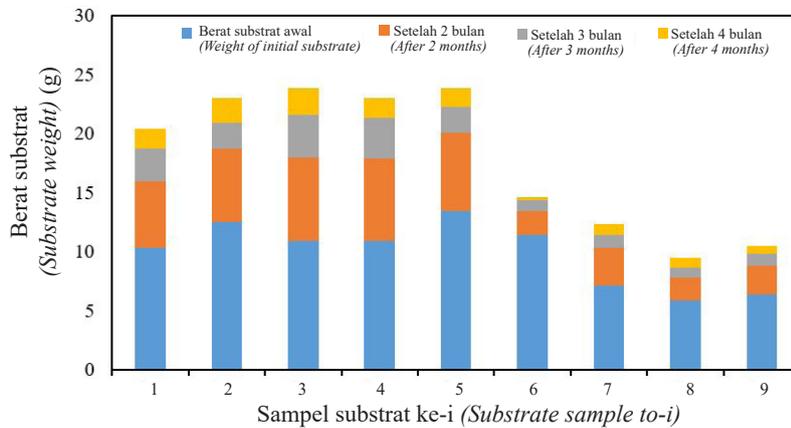
| Perlakuan ( <i>Treatment</i> )                                                                                                                     | Rerata mortalitas (%) $\pm$ SB*<br>( <i>Mean mortality (%) <math>\pm</math> SD*</i> ) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Ambien frekuensi suara lingkungan<br>( <i>Ambient environmental sound frequency</i> )                                                              | 10,00 $\pm$ 10,00 a                                                                   |
| Frekuensi sonik (6400 Hz) dihidupkan selama 7 hari<br>( <i>Sonic frequency (6400 Hz) turned on for 7 days</i> )                                    | 20,00 $\pm$ 0,00 a                                                                    |
| Frekuensi sonik (6400 Hz) dihidupkan selama 14 hari<br>( <i>Sonic frequency (6400 Hz) turned on for 14 days</i> )                                  | 20,00 $\pm$ 0,00 a                                                                    |
| Frekuensi ultrasonik (20000 Hz–65000 Hz) dihidupkan selama 7 hari<br>( <i>Ultrasonic frequency (20000 Hz–65000 Hz) is turned on for 7 days</i> )   | 56,67 $\pm$ 5,77 b                                                                    |
| Frekuensi ultrasonik (20000 Hz–65000 Hz) dihidupkan selama 14 hari<br>( <i>Ultrasonic frequency (20000 Hz–65000 Hz) is turned on for 14 days</i> ) | 80,00 $\pm$ 17,32 c                                                                   |

\*Rataan yang diikuti huruf yang sama pada menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata menurut uji *Duncan* pada taraf kepercayaan 5%. (*Mean scores followed by the same letter are not significantly different at the 5% according to Duncan test*).



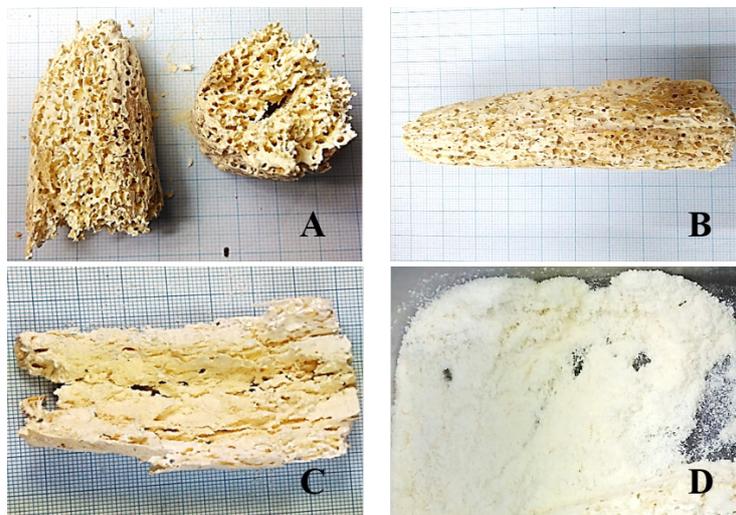
**Gambar 1.** Jumlah akhir individu imago *Dinoderus minutus* dibandingkan dengan berat akhir substrat. Angka 1–9 adalah jumlah substrat dalam gram (total ada 9 substrat sebagai sampel).

**Figure 1.** The survived imago of *Dinoderus minutus* compared to the final weight of the substrate. Numbers 1–9 are the number of substrates in grams (there are a total of 9 substrates as samples).



**Gambar 2.** Penurunan berat substrat selama empat bulan pengamatan yang menunjukkan perilaku makan *Dinoderus minutus*.

**Figure 2.** The decreased substrate weight over four months of observations shows the feeding behavior of *Dinoderus minutus*.



**Gambar 3.** Konstruksi substrat dari *Dinoderus minutus*. A: tampak lateral; B: tampak melintang; C: dalam substrat sudah menjadi bubuk; D: bentuk akhir substrat berupa bubuk.

**Figure 3.** The substrate construction of *Dinoderus minutus*. A: appears lateral; B: appears transverse; C: the substrate is already a powder; D: the final shape of the substrate in the form of powder.

pada penggunaan frekuensi 90 kHz dan 160 kHz tidak menimbulkan efek apapun terhadap ngengat *A.gamma*. Akan tetapi, apabila pemancar frekuensi didekatkan, ngengat tersebut memilih untuk terbang menghindari (Skals et al. 2003). Hal tersebut menunjukkan bahwa jarak pemancar dengan keberadaan serangga sangat berpengaruh dalam pengendalian hama menggunakan frekuensi ultrasonik. Terutama pada rentang frekuensi maksimal dan minimal yang dapat dideteksi oleh serangga.

Pertumbuhan populasi *D. minutus* sangat pesat. Kemampuan bertahan hidup *D. minutus* didukung dengan tubuh kecil yang dilindungi oleh elitra serta memiliki sayap yang digunakan untuk terbang. Habitat juga menjadi pendukung kehidupan *D. minutus*, yaitu hidup di dalam substrat dan memiliki sistem hidup secara berkelompok. Substrat berfungsi sebagai pakan, tempat tinggal, tempat untuk bereproduksi, tempat bermetamorfosis, dan tempat perlindungan dari predator (Jyothna et al. 2015; Norhisham et al. 2015). Substrat berpengaruh terhadap perkembangan generasi *D. minutus*, setiap substrat dari *D. minutus* terbentuk lubang-lubang kecil yang juga merupakan tempat bersarang. Apabila berat dan luas substrat semakin berkurang, kompetisi antar individu akan terjadi untuk mendapatkan pakan dan tempat tinggal sehingga kompetisi berakibat pada kematian individu. Selain itu, jumlah anggota populasi yang terus menerus bertambah akan semakin mempersempit ketersediaan substrat, hal tersebut juga menjadi salah satu penyebab kematian (Gambar 2).

Perkembangan yang cukup pesat tersebut juga didukung dengan kemampuan bertahan hidup yang tinggi (Gambar 1), yaitu perlakuan paparan frekuensi suara tinggi tidak mampu untuk membunuh keseluruhan populasi. Populasi *D. minutus* seperti yang telah dijelaskan memiliki kemampuan dengan tingkat kerusakan yang tinggi dan resistensi yang tinggi. Kerusakan dapat ditunjukkan dengan adanya pengeroposan pada substrat. Terdapat lubang-lubang kecil sebagai tempat orientasi kumbang. Setiap bagian lubang berisi individu *D. minutus* beserta telur, larva, dan pupa. Ratusan telur dari individu betina ditempatkan di setiap lubang, hidup dan berkembang di dalam lubang (Gambar 3). Menurut

Jasni & Roliadi (2011), tingkat kerusakan pada substrat yang diserang oleh *D. minutus* dapat merepresentasikan tingkat ketahanan substrat tersebut. Penelitian dilakukan dengan mengamati penurunan berat substrat dengan objek 16 jenis kayu rotan. Rotan dengan penurunan berat yang lebih sedikit memiliki tingkat ketahanan yang tinggi dan rotan dengan penurunan berat yang menurun secara signifikan, memiliki tingkat ketahanan yang rendah. Nilai ketahanan tersebut dapat berguna sebagai data dasar pemilihan kayu rotan sebagai bahan baku produk. Rotan yang memiliki daya tahan tinggi akan memiliki resiko rendah terjadi kerusakan yang disebabkan oleh kumbang bubuk *D. minutus*.

Penelitian ini menunjukkan bahwa mortalitas *D. minutus* akibat paparan frekuensi ultrasonik lebih dipengaruhi oleh terjadinya perubahan perilaku. Paparan frekuensi ultrasonik secara terus menerus membuat *D. minutus* menghentikan aktivitas makan dan menuju ke permukaan substrat, akibatnya *D. minutus* mengalami kematian karena tidak dapat makan. Untuk menghasilkan mortalitas yang lebih tinggi, perlu ditingkatkan rentang frekuensi ultrasonik dan lama paparan karena penelitian ini hanya mengamati perubahan perilaku selama maksimal paparan 14 hari.

Alat pemancar frekuensi yang digunakan untuk penelitian memiliki faktor pembatas berupa ruang kedap suara. Rambatan frekuensi tidak efektif untuk menembus kotak kaca (*glass chamber*) sehingga kematian *D. minutus* hanya dapat terjadi apabila masih dalam jangkauan frekuensi ultrasonik tersebut. Selain itu, penggunaan metode ini masih sebatas pada penggunaan di dalam ruangan. Secara ekonomi, alat pemancar frekuensi ultrasonik dengan spesifikasi pemancaran frekuensi yang tinggi dengan area paparan yang luas masih tergolong alat yang mahal sehingga untuk dapat digunakan secara luas masih harus dengan berbagai pertimbangan. Spesifikasi alat yang harus menggunakan tenaga listrik membuat alat ini tidak dapat digunakan untuk area non listrik. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan frekuensi ultrasonik sebagai bentuk pengendalian masih dirasa tidak efektif karena jangkauannya yang terbatas (hanya dalam ruangan tertutup dan kedap suara), dan dirasa tidak efisien karena harga alat pemancar yang tergolong mahal.

Dengan demikian, untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan alat pemancar yang memiliki jangkauan lebih luas, seperti transmitter frekuensi ultrasonik atau rangkaian pemancar ultrasonik.

## KESIMPULAN

Frekuensi ultrasonik dengan durasi paparan selama 14 hari menghasilkan mortalitas tertinggi, yaitu mencapai 80,00%. Paparan frekuensi ultrasonik yang dilakukan secara terus menerus dalam kotak kaca dapat membuat *D. minutus* menghentikan aktivitas makan yang berakibat pada kematian individu.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Hibah Dosen BPPTNBH 2017 Fakultas Biologi UGM atas bantuan pendanaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abood F, Norhisham AR, Shahman M, Andy A. 2010. Sexual identification of bamboo borer *Dinoderus minutus* Fabricius (Coleoptera: Bostrychidae). *The Malaysian Forest* 73:1–6
- Allen DC. 2000. Wood destroying insects: The powder post beetles. *The New York Forest Owner* 38:1.
- Baltazar CR. 1981. Biological control attempts in the Philippines. *Philippine Entomologist* 4:505–523. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-464450-2.50019-X>.
- Garcia CM. 2005. *Management of Powder Post Beetles Dinoderus minutus Fabricius in Freshly Cut Bamboo*. Disertasi. Corvallis: Oregon State University.
- Garcia CM, Morrell JJ. 2010. Efficacy and economic benefits of prophylactic treatments of newly felled bamboo. *Journal of Economic Entomology* 103:101–107. DOI: <https://doi.org/10.1603/EC06304>.
- Gomez KA, Gomez. 1984. *Statistical Procedures For Agricultural Research*. 2<sup>nd</sup> Edition. New York: John Wiley and Son.
- Jasni, Roliadi H. 2011. Daya tahan 16 jenis rotan terhadap bubuk rotan (*Dinoderus minutus*). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 29:115–127. DOI: <https://doi.org/10.20886/jphh.2011.29.2.115-127>.
- Jones SC. 2008. *Fact Sheet Agriculture and Natural Resources: Powderpost Beetles*. Columbus, Ohio: The Ohio State University.
- Jyothna B, Rajaram, Manivannan, Somashekar. 2015. Feeding deterrence and insecticidal activity of phorbol esters in *Jatropha curcas* seed oil against *Dinoderus minutus* (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies* 3:257–261.
- Karsulovic JT, Gonzalez AB, Araya JE, Vargas Y, Tejer B. 2007. Ultrasonic waves as a physical barrier for damage of the subterranean termite *Reticulitermes flavipes* Kollar (Isoptera: Rhinotermitidae) in wood of *Pinus radiata* (D. Don). *Forest Product Journal* 57:114–117.
- Kurniawan R, Sulaeman R, Mardhiansyah M. 2015. Identifikasi dampak dan tingkat serangan rayap terhadap bangunan di Kabupaten Kuantan Singingi. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian* 2:1–9.
- Mason AC, Pollack GS. 2016. Insect hearing: introduction to insect acoustic. Di dalam: Pollack GS, Mason AC, Propper AN, Fay RR (Eds.), *Insect Hearing*. hlm. 1–15. Switzerland: Springer International Publishing. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28890-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28890-1_1).
- Monteiro M, Garlet J, Carvalho CC, Marques EN. 2016. Occurrence of *Dinoderus minutus* (Fabricius, 1775) in the Northern State of Mato Grosso, Brazil. *Entomological News* 126:237–240. DOI: <https://doi.org/10.3157/021.126.0310>.
- Norhisham AR, Faizah A, Zaidon A. 2015. Effect of moisture content on the bamboo borer *Dinoderus minutus*. *Journal of Tropical Forest Science* 27:334–341.
- Plank HK. 1948. Biology of the bamboo powder post beetles in Puerto Rico. *Bulletin Porto Rico Agricultural Experiment Station* 44:29.
- Rajashekar P, Fan L, Nguyen T, Roddick FA. 2012. A review of the use of sonification to control Cyanobacterial blooms. *Water Research* 46:4319–4329. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.05.054>.
- Skals N, Plepys D, El-Sayed AM, Lofstedt C, Surlykke A. 2003. Quantitative analysis of the effects of ultrasound from an odor sprayer on moth flight behaviour. *Journal of Chemical Ecology*. 29:71–82. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1021924529533>.