

PENGARUH FUMIGASI FOSFIN (PH₃) DALAM MENGENDALIKAN *Tribolium castaneum* (Herbst) PADA TEPUNG GANDUM

The Effect of Fosfin (PH₃) Fumigation in Controlling *Tribolium castaneum* (Herbst) in Wheat Flour

Ratna Sekar Arum^{a*} dan Saifuddin Hasjim^b

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jl.Kalimantan 77A
Jember. 68121

Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37
Jember. 68121

*Korespondensi : sekararum400@yahoo.com

ABSTRAK

Tribolium castaneum Herbst merupakan hama utama pada komoditas tepung dan menjadi hama sekunder pada komoditas beras dan sereal lainya. Kerusakan yang ditimbulkan dari serangan hama ini berupa penurunan kualitas dan kuantitas tepung. Salah satu tindakan pengendalian serangan *T. castaneum* yang digunakan yaitu, fumigasi menggunakan bahan aktif fosfin (PH₃). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase mortalitas dan mengetahui persentase pupa menjadi imago terhadap perlakuan berbagai dosis dan lama fumigasi. Metode yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL) dengan 12 perlakuan dan, 1 kontrol dengan 3 ulangan. Variabel yang diamati meliputi mortalitas larva dan imago serta jumlah pupa yang menjadi imago. Hasil pengujian dianalisis menggunakan sidik ragam dan uji lanjutan DMRT dengan taraf 5%. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan fumigan fosfin efektif untuk mengendalikan hama gudang *T. castaneum*. Dosis yang efektif untuk mengendalikan larva dan imago *T. castaneum* adalah 1 g/m³ dengan lama pemaparan 12 jam dengan tingkat mortalitas 100% serta efektif menurunkan persentase pupa menjadi imago dengan tingkat 0%.

Kata Kunci: *Tribolium castaneum* Herbst, fumigasi fosfin (PH₃), tepung gandum.

ABSTRACT

Tribolium castaneum is primary pest in flour commodities and becomes a secondary pest in rice dan cereals. The damage caused by this pest attack is in the form of decreasing the quality and quantity of flour. One of the measure control of *T. castaneum* is fumigation using fosfin (PH₃). This study aims to determine the percentage of mortality and find out the percentage of pupae become imago to the treatment of various doses and fumigation duration. The methode used is Completely Randomized Design (CRD) with 12 treatments and, 1 control and 3 replications. The variables observed included the mortality of larvae and imago, the number of pupae which turn into imago as well. The results of the observed variables were analyzed using variance and using the DMRT follow-up test with a level of 5%. The results of this study indicate that the use of phosphine fumigation is effective for controlling the pest of *T. castaneum*. The effective dose for controlling *T. castaneum* in this study was at a dose of 1g /m³ with a 12-hour exposure period and reduce the percentage of pupae which turn into imago by 0%.

Keywords: *Tribolium Castaneum*, Fumigation Fosfin and Wheat Flour.

PENDAHULUAN

Tingkat konsumsi tepung gandum di Indonesia cenderung mengalami peningkatan. Pada tahun 2010 konsumsi tepung gandum di Indonesia sebanyak 4,3 juta ton, sedangkan pada tahun 2011 meningkat menjadi 4,6 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2011). Konsumsi tepung gandum yang cenderung meningkat, mengakibatkan volume impor tepung gandum juga mengalami peningkatan. Peningkatan volume impor tahun 2010 sebanyak 4,8 juta ton menjadi 5,2 juta ton pada tahun 2011 (Purnomo, 2014).

Tepung gandum memiliki beberapa komponen penting. Komponen terbanyak dari tepung gandum adalah zat pati, yaitu karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air. Tepung gandum juga mengandung protein dalam bentuk gluten yang berperan dalam menentukan kekenyalan makanan yang terbuat dari bahan gandum tersebut (Separinta, 2017). Menurut Hendrival (2016), kandungan protein pada tepung gandum lebih tinggi dibandingkan dengan tepung jagung, tepung beras dan dedak. Kadar protein pada tepung gandum adalah 14,9 %, tepung jagung 7,45 - 7,89% serta tepung beras 6,98%. Penanganan pascapanen yang tepat merupakan salah satu tindakan untuk mencegah tepung gandum kehilangan komponen pentingnya. Penanganan pascapanen yang kurang tepat dapat menyebabkan komoditas terserang oleh hama.

Tribolium castaneum (Herbst) atau kumbang tepung merah merupakan salah satu hama gudang yang dapat menyerang komoditas pada tahap penyimpanan. Dharmaputra *et al.* (2014) melaporkan bahwa *T. castaneum* merupakan salah satu spesies serangga yang mampu bertahan pada bahan pangan dengan kadar air rendah, terutama pada serelia yang telah digiling. Perkembangbiakan hama ini akan lambat pada serelia yang berkadar air tinggi, utuh dan bebas dari serpihan. Stadia imago dan larva *T. castaneum* yang menyerang komoditas dapat menyebabkan kerugian pada komoditas yang disimpan. Imago dan larva dapat menyebabkan tepung menjadi rentan terserang jamur serta dapat mencemari komoditas dengan sekresi yang dihasilkan. Sekresi tersebut berupa kelenjar dengan bau tidak sedap. Serangan yang berat dapat menyebabkan komoditas tercemar oleh benzokuinon yang merupakan hasil ekskresi kumbang tersebut sehingga komoditas tersebut tidak layak untuk dikonsumsi dan menyebabkan tepung berwarna cokelat (Hodges *et al.*, 1996; Hendrival, 2016). Aktivitas makan *T. castaneum* secara langsung dapat menyebabkan penurunan susut berat tertinggi yaitu pada tepung gandum sebesar 22, 32% (Hendrival, 2016). Hama ini juga dapat menyebabkan kerusakan ekonomi seperti penolakan produk akibat infestasi, pengeluaran biaya pengendalian, hilangnya kepercayaan konsumen pada perusahaan, produk atau keduanya (Buckman, 2013). Salah satu upaya pengendalian *T. castaneum* dapat dilakukan dengan fumigasi.

Fumigasi merupakan upaya pengendalian yang hingga saat ini dianggap efektif mengendalikan OPT pasca panen. Fumigasi pada tepung gandum dapat dilakukan dengan menggunakan bahan aktif fosfin, karena tidak menyebabkan pencemaran pada komoditas (Barantan, 2017). Penggunaan fumigasi pada awal penyimpanan sangat berperan dalam mengendalikan OPT yang terbawa selama proses di lapang, sehingga hasil panen yang disimpan dapat terbebas dari keberadaan hama gudang. Hasil panen yang terbebas dari serangan OPT pasca panen dapat mempertahankan tingkat kuantitas dan kualitas.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi keefektifan fumigasi diantaranya adalah dosis dan lama pemaparan fumigasi. Dosis yang diperlukan untuk membunuh serangga berhubungan dengan tingkat konsentrasi gas fosfin yang berada di sekitar serangga. Lama pemaparan fumigasi akan memengaruhi waktu yang diperlukan oleh fumigan untuk melepaskan gas dari bentuk formulasi padat menjadi gas. Lama pemaparan fumigasi juga akan memengaruhi tingkat penyerapan gas fosfin oleh serangga. Pada umumnya senyawa fosfin mulai bereaksi setelah 2-4 jam dan dekomposisi sempurna akan terjadi setelah 72 jam pada suhu dan kelembaban yang sesuai (Hayata, 2014) dengan dosis standar 1 g/m³ (Barantan, 2007), akan tetapi secara spesifik dosis dan lama pemaparan fumigasi yang dibutuhkan untuk mengendalikan *T. castaneum* pada tepung gandum masih perlu dipelajari.

Berdasarkan pada uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai dosis dan lama pemaparan fumigasi fosfin (PH₃) terhadap *T. castaneum* pada tepung gandum. Analisis mortalitas dan kemampuan *T. castaneum* menyelesaikan stadiannya ini akan menunjukkan dosis fumigan dan lama fumigasi fosfin yang tepat untuk diaplikasikan pada tepung gandum.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian pengaruh fumigasi fosfin terhadap Mortalitas *T. castaneum* pada tepung gandum dilakukan di Balai Besar Karantina Tumbuhan, Surabaya. Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober-Nopember 2018.

Metode Penelitian

Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 13 perlakuan dan 3 ulangan setiap perlakuan. Perlakuan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

Pembiakan *T. castaneum*, dilaksanakan dengan mengambil sampel tepung gandum yang telah terinfestasi oleh serangga. Serangga yang diperoleh selanjutnya dibawa ke laboratorium hama untuk diidentifikasi menggunakan buku acuan kunci identifikasi David Ress (2004) "Insect of Store Products" dan buku Research Branch Agriculture Canada (1990)

“Beetles”. Serangga yang telah diidentifikasi kemudian diperbanyak secara massal. Media makanan yaitu tepung gandum. Selanjutnya serangga turunan F1 yang terbentuk dari telur dijadikan sebagai serangga uji, kemudian dilanjutkan dengan tahapan infestasi pada masing-masing tepung gandum sebanyak 20 ekor larva, 10 ekor pupa dan 30 imago per unit percobaan.

Persiapan komoditas pengujian, Tepung gandum yang digunakan pada penelitian ini menggunakan tepung gandum kemasan. Tepung gandum yang didapat selanjutnya diayak terlebih dahulu dan ditimbang sebanyak 500 g untuk setiap unit perlakuan.

Tabel 1. Perlakuan dosis dan lama fumigasi

Perlakuan	Dosis	Lama fumigasi
P0	0 g	0 jam
P1	0,5 g	6 jam
P2	0,5 g	12 jam
P3	0,5 g	18 jam
P4	0,5 g	24 jam
P5	1 g	6 jam
P6	1 g	12 jam
P7	1 g	18 jam
P8	1 g	24 jam
P9	1,5 g	6 jam
P10	1,5 g	12 jam
P11	1,5 g	18 jam
P12	1,5 g	24 jam

Pembuatan ruang fumigasi, Ruang fumigasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan ruang fumigasi berbentuk kubus berukuran 1m³ (Barantan, 2007). Ruang fumigasi terbuat dari kerangka berbahan kayu yang dilapisi dengan plastik bening. Sambungan antar plastik ditutup menggunakan seal tape agar kedap gas. Selang monitor dipasang pada sisi bagian atas pada salah satu sudut ruang fumigasi, kemudian ujung selang monitor yang lainnya dibiarkan berada di luar ruang fumigasi sampai pada titik aman konsentrasi gas. Selang monitor ditempatkan jauh dari penempatan fumigan.

Aplikasi fumigasi, Fumigan yang digunakan adalah fosfin (PH₃) dengan bentuk formulasi tablet. Fumigan terlebih dahulu ditimbang sesuai jenis perlakuan yaitu 0,5, 1 dan 1,5 g yang dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Fumigan diletakkan di dalam ruang fumigasi menggunakan wadah kotak karton. Ruang fumigasi selanjutnya ditutup dengan rapat agar kedap gas. Proses penimbangan dan peletakan fumigan di dalam ruang fumigasi menggunakan alat keselamatan kerja. Aerasi dilakukan berdasarkan lama pemaparan, yaitu (6, 12, 18 dan 24) jam. Proses aerasi dilakukan dengan membuka penutup plastik ruang fumigasi selama kurang lebih 30 menit. Pengukuran ambang batas gas fosfin (TLV) yaitu 0,3 ppm dilakukan setelah tahap aerasi selesai dilakukan. Tahap terakhir yaitu deaktivasi fumigan dilakukan dengan

mengambil sisa fumigan dari dalam ruang fumigasi. Sisa fumigan dimasukkan ke dalam drum berisi air.

Pengolahan data, data yang diperoleh dilakukan analisa sidik ragam (ANOVA) kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan dengan taraf kepercayaan 95% untuk mengetahui pengaruh setiap perlakuan terhadap berbagai variabel yang diamati menggunakan aplikasi SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mortalitas Hama *T. castaneum* (Herbs)

Aplikasi fumigasi fosfin pada *T. castaneum* pada stadia larva dan imago dengan berbagai dosis menunjukkan pengaruh yang berbeda yang ditunjukkan pada data berikut:

Tabel 2. Mortalitas Hama *T. castaeum*

Perlakuan dosis	Mortalitas (%)	
	Larva	Imago
P0	0,00 b	0,00 c
P1	100,00 a	92,22 b
P2	100,00 a	98,89 ab
P3	100,00 a	100,00 a
P4	100,00 a	100,00 a
P5	100,00 a	100,00 a
P6	100,00 a	100,00 a
P7	100,00 a	100,00 a
P8	100,00 a	100,00 a
P9	100,00 a	100,00 a
P10	100,00 a	100,00 a
P11	100,00 a	100,00 a
P12	100,00 a	100,00 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang berbeda tidak nyata pada uji Duncan taraf 5 %.

Rata-rata persentase mortalitas pada larva *T. castaneum* menunjukkan 100% mortalitas pada semua ulangan di setiap perlakuan, kecuali pada perlakuan P0 (kontrol). Rata-rata persentase mortalitas imago menunjukkan 100% mortalitas, kecuali pada perlakuan P1 dan P2 yaitu, 92,22 dan 98,99%. Pada tabel 2 menunjukkan bahwa semakin besar jumlah dosis dan lama pemaparan fumigasi yang semakin lama dapat meningkatkan mortalitas serangga.

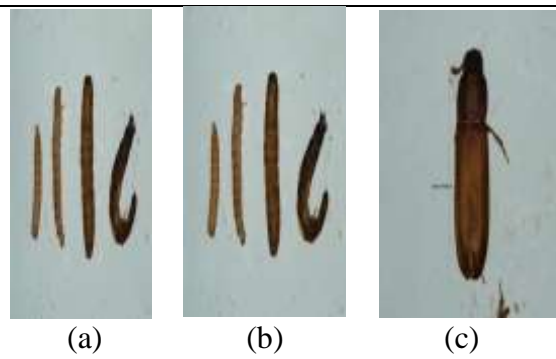
Fumigasi fosfin yang diaplikasikan untuk mengendalikan *T. castaneum* menunjukkan pengaruh berbeda nyata antar perlakuan P0 dengan perlakuan lainnya pada masing-masing stadia pada parameter serangga uji. Penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan fumigasi pada stadia larva *T. castaneum* memiliki persentase mortalitas sebesar 100%. Perlakuan fumigasi pada stadia larva dengan konsentrasi 132 ppm telah menunjukkan mortalitas 100%. Hal ini menunjukkan bahwa fumigan fosfin yang digunakan efektif untuk membunuh larva *T. castaneum*. Stadia larva dari serangga hama gudang memiliki tingkat kerentanan mortalitas

yang lebih rentan jika dibandingkan dengan stadia yang lainnya (Ferrell, 1996). Menurut Oktianty (2016), stadia larva merupakan stadia dimana larva aktif bergerak mencari makan untuk digunakan pada stadia selanjutnya sehingga larva lebih banyak membutuhkan asupan oksigen yang bermanfaat menghasilkan energi untuk beraktivitas. Oleh karena itu, semakin tinggi aktivitas larva dan kebutuhan oksigen, maka fumigan yang dihirup oleh larva juga semakin tinggi. Tingginya jumlah fumigan yang dihirup larva maka dapat dipastikan akan membunuh secara efektif. Fumigasi memiliki cara kerja sebagai racun pernapasan yang sangat efektif apabila diaplikasikan pada saat serangga memasuki waktu puncak aktifitas hama, yaitu pada stadia larva dan imago (Barantan, 2017).

Perlakuan dengan konsentrasi fosfin sebesar 132-222 ppm terhadap imago *T. castaneum* dengan dosis 0,5 g/m³ dengan lama pemaparan fumigan 6 dan 12 jam menunjukkan tidak ada konsentrasi yang dapat menyebabkan mortalitas 100%. Lama pemaparan yang kurang dan tingkat konsentrasi fosfin yang perlu ditambah agar dapat mempengaruhi terhadap peningkatan persentase mortalitas imago *T. castaneum*. Aplikasi fosfin terhadap imago *T. castaneum* pada tepung gandum efektif dilakukan pada konsentrasi 285 ppm atau lebih.

Fumigasi fosfin memberikan efek racun pernapasan dan racun syaraf pada serangga. Efek tersebut bereaksi dengan cepat pada stadia larva dan imago, namun bereaksi lambat pada stadia pupa dan telur. Menurut Bond (2006), fumigasi masuk ke dalam tubuh serangga terutama dengan melalui sistem pernapasan. Jalan masuk ke dalam tubuh serangga pada stadia larva, pupa dan imago adalah melalui spirakel, yang terdapat pada bagian lateral serangga. Membuka dan menutupnya spirakel serangga berada di bawah kendali otot sehingga peracunan terhadap serangga oleh fumigan dipengaruhi oleh laju respirasi pada serangga. Racun pernapasan menghambat proses respirasi sel, yaitu menghambat fungsi enzim sitokrom c oksidase pada rantai transpor elektron dalam mitokondria yang mengakibatkan terjadinya fosforilase oksidatif dan mengurangi produksi ATP. Penghambatan ATP mengakibatkan sel kekurangan energi sehingga proses dalam sel terhambat, terjadi kerusakan jaringan dan organisme yang keracunan akan mati (SEAMEO BIOTROP, 2012). Racun saraf memiliki prinsip menutup penyaluran impuls saraf dengan cara mengikat enzim asetilkolinesterase sehingga tidak terjadi proses hidrolisis asetilkolin (Raini, 2007).

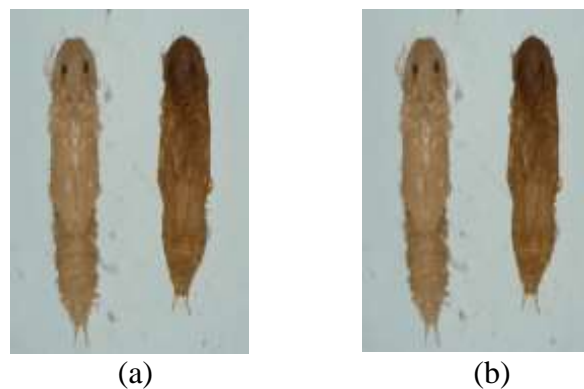
Serangga yang terpapar oleh gas fumigan menunjukkan gejala awal agitasi atau hiperaktif yang diikuti oleh kelesuan, penurunan metabolik dan peningkatan tekanan oksidatif (Nath, 2011). Hasil penelitian menunjukkan bahwa, stadia larva yang mati menunjukkan ciri kaku, perubahan warna menjadi coklat hingga hitam sedangkan imago yang mati memiliki tubuh kaku dan beberapa bagian tubuh terlepas (Gambar.1).



Gambar 1. Perubahan bentuk larva *T. castaneum* sebelum fumigasi (a), setelah fumigasi (b) dan, imago setelah fumigasi (c).

Persentase Pupa menjadi Imago

Pengamatan ini dilakukan selama 30 hari, dengan tujuan untuk melihat pengaruh akibat paparan fumigan terhadap pupa *T. castaneum*, sehingga dapat disimpulkan bahwa pupa yang mengalami kematian adalah pupa yang tidak berhasil menjadi imago. Stadia pupa yang mati menunjukkan perubahan warna menjadi cokelat tua pada setiap ruas tubuh serangga dan bentuk tubuh lebih pipih (Gambar 2).



Gambar 2. Perubahan bentuk pupa *T. castaneum* sebelum fumigasi (a), dan (b) sesudah fumigasi.

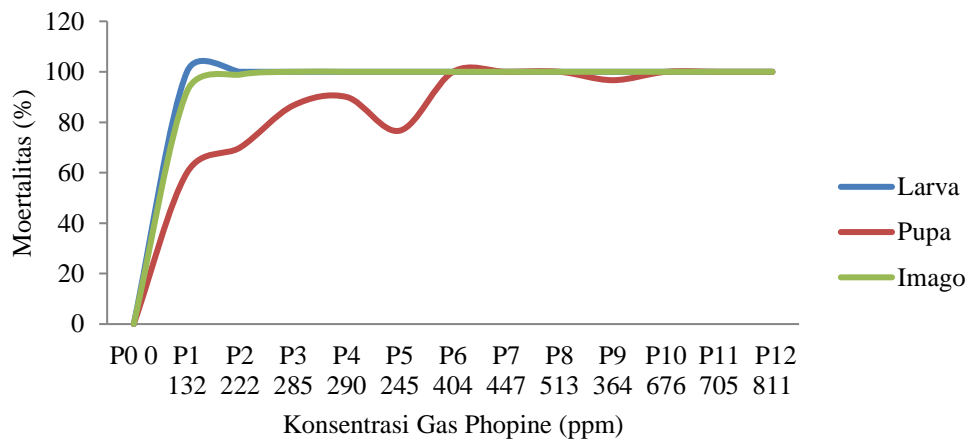
Tabel 2. Persentase Pupa Menjadi Imago

Perlakuan Dosis	Pupa Menjadi Imago (%)
P0	100 a
P1	40 b
P2	30 bc
P3	13,33 cde
P4	13,33 cdef
P5	23,33 bcd
P6	0,00 g
P7	0,00 g
P8	0,00 g
P9	3,33 efg
P10	0,00 g
P11	0,00 g
P12	0,00 g

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom sama menunjukkan nilai yang berbeda tidak nyata pada uji Duncan taraf 5%.

Berdasarkan pada hasil pengamatan diperoleh hasil bahwa fumigasi fosfin berpengaruh nyata dalam menghambat kemampuan serangga *T. castaneum* pada stadia pupa menjadi imago. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan kontrol berbeda nyata dengan perlakuan lain.

Berdasarkan pada hasil penelitian, terdapat beberapa pupa yang menjadi imago. Hal ini menunjukkan bahwa dalam melaksanakan tindakan perlakuan fumigasi harus memperhatikan dosis fumigan. Dosis yang digunakan harus tepat sehingga konsentrasi gas yang dihasilkan efektif membunuh serangga hama gudang.



Grafik 1. Respon mortalitas hama *T. castaneum* terhadap konsentrasi gas fosfin pada berbagai dosis dan lama pemaparan fumigasi.

Konsentrasi minimal yang dibutuhkan untuk mencapai mortalitas pupa 100% adalah sebesar 404 ppm yang diperoleh dari perlakuan P6 dengan dosis 1 g/m³ dengan lama pemaparan fumigasi 12 jam (Gafik 1). Pupa membutuhkan konsentrasi yang lebih tinggi dibanding dengan konsentrasi yang dibutuhkan untuk mencapai mortalitas 100% pada stadia larva dan imago *T. castaneum*. Menurut Rachman (2015), perlu dilakukan penambahan waktu pemaparan dan tingkat konsentrasi fosfin agar dapat memengaruhi terhadap peningkatan persentase mortalitas pupa *T. castaneum*. Tingkat konsentrasi gas fosfin yang semakin tinggi maka semakin cepat mematikan 100% pupa *T. castaneum*, pernyataan ini didukung oleh Dewi (2010), yang menyatakan bahwa konsentrasi yang lebih tinggi maka semakin tinggi pula pengaruh yang ditimbulkan, selain itu daya kerja suatu senyawa sangat ditentukan oleh besarnya suatu konsentrasi. Menurut Barantan (2007), dosis standar fumigasi dengan menggunakan bahan aktif fosfin dengan bentuk formulasi padat adalah 1 g/m³ yang setara dengan 730 ppm.

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keefektifan fumigasi, salah satunya adalah keberagaman stadia serangga. Tingginya tingkat toleransi telur dan pupa

terhadap fosfin diakibatkan oleh berkurangnya aktivitas metabolik. Penurunan laju respirasi pada stadia pupa mengakibatkan penurunan dalam penyerapan fumigan yang berakibat pada tingginya tingkat toleransi serangga terhadap fumigan. Menurut Oktianty (2016), stadium pupa merupakan tahap berpuasa bagi serangga, sehingga pupa memiliki tingkat metabolisme yang lebih rendah dibandingkan pada stadia lainnya. Hal ini akan mempengaruhi konsentrasi fumigan untuk masuk ke dalam pupa. Penyerapan gas fosfin oleh serangga dapat bervariasi, yang dapat disebabkan oleh perbedaan antar spesies dan stadia serangga (Bond, 1984).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil suatu kesimpulan yaitu:

1. Mortalitas 100% pada kedua stadia larva dan imago dicapai pada dosis perlakuan 1 g/m³ dan 1,5 g/m³ dengan lama pemaparan 12, 18 dan 24 jam.
2. Dosis dan lama pemaparan fumigasi fosfin berpengaruh nyata terhadap kemampuan pupa menjadi imago. Persentase 0% dicapai pada dosis perlakuan 1 g/m³ dan 1,5 g/m³ dengan lama pemaparan 12, 18 dan 24 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2010. *Konsumsi Tepung Terigu*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Karantina Pertanian. *Manual Fosfin untuk Perlakuan Karantina Tumbuhan*. 2007. Jakarta: Badan Karantina Tumbuhan Pertanian.
- Badan karantina Pertanian. *Manual Fosfin untuk Perlakuan Karantina Tumbuhan*. 2017. Jakarta: Badan Karantina Tumbuhan Pertanian.
- Bond, E.J. 1984. *Manual of Fumigation for Insect Control*. Rome: FAO.
- Bond, E.J. 2006. *Manual of Fumigation for Insect Control*. Rome: FAO.
- Buckman, K. A., J. F. Campbell., and B. Subramanyam. 2013. *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) Associated with Rice Mills: Fumigation Efficacy and Population Rebound. *Entomology*, 106(1): 499-512.
- Dharmaputra, O. S., H. Halid., dan Sunjaya. 2014. Serangan *Tribolium castaneum* pada Beras di Penyimpanan dan Pengaruhnya terhadap Serangan Cendawan Susut Bobot. *Fitopatologi*, 10(4): 126-132.
- Dewi, R. S. 2010. Keefektifan Tiga Jenis Tumbuhan terhadap *Paracoccus marginatus* dan *Tetranychus* Sp. pada Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L). Tesis Progam Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Ferrell, A. M. 1996. *Fumigation of Farm Stored Grain and Structures*. Departmento of Plant, Soil and Insect Sciences: Laramie.

- Hayata, H. 2014. Respon Hama *Lasioderma serricorne* terhadap Pemberian Fosfine Formulasi (Tablet dan Bags) pada Biji Pinang. *Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 14(4): 87-93.
- Hendrival., Latifah., Dedi, Saputra., dan Orina. 2016. Kerentanan Jenis Tepung terhadap Infestasi Kumbang Tepung Merah (*Tribolium castaneum* Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Agibisnis*, 27(3): 148-153.
- Nath, S. N., I. Bhattacharya., A. G. Tuck., D. I. Schlipalius and P.R. Ebert. 2011. Mechanisms of Phosphine Toxicity. *Toxicology*, 1(1): 1-9.
- Oktianty, Resita., Martini., dan Rully, Rahardian. 2016. Efektivitas Fumigan *Sulfuryl Fluoride* terhadap Pengendalian *Tribolium Cataneum* (Insecta : Coleoptera) di Gudang Industri Pakan Ternak di Wilayah Kota Semarang. *Kesehatan Masyarakat*,4(1): 188-195
- Purnomo, B.H., Andrew, S.R., dan Yurika, W.D. 2014. Formulasi Strategi Rantai Pasok tepung Terigu Untuk Industri Kecil Menengah di Kabupaten Jember. *Agoteknologi*, 8(2): 140-153.
- Rachman, N. 2015. Keefektifan Fosfin Formulasi Cair Terhadap *Aphis Gossypii* Glover dan *Macrosiphoniella Sanborni* Gillette (Hemiptera: Aphididae) pada Bunga Potong Krisan (Tesis). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Raini, M. 2007. Toksikologi Pestisida dan Penangan Akibat Keracunan Pestisida. *Litbang Kesehatan*, 17(3): 10-19.
- Seameo Biotrop. 2012. *Modul Pengelolaan Hama Gudang Terpadu*. Seameo Biotrop.
- Separinta, A. 2017. Kepentingan Pemerintah Indonesia Mengeluarkan Kebijakan Pembatasan Kuota Impor Tepung Gandum. *Jom Fisip*, 4(2): 1-7.