

**PENGARUH FOSFIN (PH₃) TERHADAP MORTALITAS HAMA GUDANG
Sitophilus oryzae L. PADA KOMODITAS GANDUM**

**PHOSPHINE (PH₃) EFFECT AGAINST WAREHOUSE PEST *Sitophilus oryzae* L.
MORTALITY ON WHEAT COMMODITIES**

Sarah Zulfiyah Febrianti dan Suharto

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

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

sarahzulfiyah@gmail.com

ABSTRAK

Gandum (*Triticum* spp.) merupakan salah satu komoditas serealia yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat di Indonesia. Volume impor gandum Indonesia cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Kegiatan impor tidak terlepas dari adanya hama *Sitophilus oryzae* Linnaeus yang sering menginfestasi biji gandum sehingga hal ini menyebabkan kerusakan dan menurunkan kualitas gandum. Mengatasi hal tersebut maka diperlukan perlakuan karantina yang efektif. Fumigan fosfin formulasi padat diharapkan dapat mengendalikan hama *S. oryzae* secara efektif. Tujuan penelitian untuk menentukan dosis dan waktu papar aplikasi fumigan fosfin formulasi padat yang efektif terhadap *S. oryzae* pada komoditas gandum. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal pada 12 perlakuan 1 kontrol dan masing-masing perlakuan mendapatkan 3 kali ulangan. Peubah yang diamati adalah mortalitas serangga imago dan jumlah imago keturunan F1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi fosfin pada semua dosis (0,5, 1 dan 1,5 gr/m³) dengan waktu papar 18 dan 24 jam efektif menyebabkan mortalitas 100% imago *S. oryzae*. Dosis 1,5 gr/m³ dengan lama waktu papar 24 jam menunjukkan rata-rata jumlah imago keturunan F1 sebanyak satu ekor.

Kata Kunci: *Sitophilus oryzae* L., Phosphine (PH₃), Gandum

ABSTRACT

Wheat (*Triticum* spp.) is one of the commodities cereals are consumed by people in Indonesia. The volume of wheat imports Indonesia increase years. In the process, *Sitophilus oryzae* Linnaeus is major pest of grains that causes damage and decrease of quality of grains. Therefore, effective control measures of this insect pest by quarantine treatment are important. Phosphine solid formulations are expected effectively to control pests *S. oryzae*. The objectives of this study were to determine the dosage and exposure time which will effectively kill *S. oryzae* on wheat commodities. This study used the Randomized Complete Design method of single factor as many as 12 treatment 1 control and each treatment get 3 times that deutonomy. The observed are mortality of imago and imago insect of F1 offspring. Results showed that application of Phosphine at all dosage (0,5, 1 and 1,5 gr/m³) with exposure time 18 and 24 hours completely killed 100% mortality imago insect of *S. oryzae* on wheat commodities. Dosage 1,5 gr/m³ with exposure time 24 hours show the average imago insect of F1 offspring as much as one tail.

Keywords: *Sitophilus oryzae* L., Phosphine (PH₃), Wheat

PENDAHULUAN

Gandum (*Triticum* spp.) merupakan salah satu komoditas pangan alternatif dalam rangka mendukung ketahanan pangan di Indonesia. Konsumsi pangan berbasis gandum di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun, akibat dari perubahan pola konsumsi pangan di masyarakat seperti roti, mie, bihun, kue, cornflakes dan lain sebagainya. Pola konsumsi tersebut mempengaruhi ketahanan pangan di dalam negeri karena kebutuhan gandum nasional dipenuhi dari impor. Impor gandum berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2016 sebesar 10,53 juta ton, menunjukkan angka kenaikan sebesar 42% dibandingkan impor gandum tahun 2015 (7,4 juta ton). Impor gandum di Indonesia tidak hanya digunakan untuk kebutuhan pangan, akan tetapi untuk kebutuhan sektor lain yaitu pakan ternak. Namun dalam prosesnya terdapat berbagai kendala salah satunya adalah serangan dari Organisme Pengganggu Tumbuhan pasca panen khususnya serangga hama. Kerusakan yang terjadi dapat berupa kerusakan kuantitatif seperti penurunan berat bahan dan mengakibatkan kerusakan kualitatif seperti perubahan warna, kontaminasi kotoran, bau tidak enak dan penurunan kandungan gizi (Antika *et al.* 2014).

Serangga hama yang menyerang hasil panen pada bahan pangan di tempat penyimpanan merupakan komponen yang sangat merugikan. Salah satu spesies serangga yang menyerang hasil panen gandum di tempat penyimpanan adalah *Sitophilus oryzae* L. Kerusakan yang disebabkan oleh *S. oryzae* mencapai 10-20% dari keseluruhan produksi. Kerusakan dapat berupa kerusakan fisik, kimia, mekanik, biologi dan mikrobiologi yang menyebabkan penurunan mutu hasil pertanian. Menurut Herlina & Bonjok (2013) prinsip dasar pengendalian hama gudang yaitu penanganan dan pengolahan hasil panen, pengelolaan dan sanitasi gudang, manipulasi lingkungan fisik, pemantauan hama, peningkatan keterampilan dan kemampuan operasional pengelola gudang. Pengendalian hama gudang dapat diupayakan dengan cara sanitasi peralatan dan gudang penyimpanan, seleksi gabah serta penggunaan kemasan yang bersih dan bebas dari infestasi hama.

Upaya pengendalian secara kuratif untuk membebaskan bahan pangan di tempat penyimpanan dari serangga hama gudang dalam kegiatan ekspor dan impor dapat dilakukan dengan cara perlakuan fumigasi oleh perusahaan dibawah pengawasan Badan Karantina Pertanian. Contoh kasus impor gandum dari Amerika yang dalam prosesnya masih terdapat serangga dan terdapat telur-telur aktif yang tersisa. Perjalanan dari Amerika menuju pelabuhan Perak Surabaya memakan waktu 31 hari sehingga dalam perjalanan sisa-sisa telur aktif tersebut menetas kemudian berkembangbiak di dalam tumpukan gandum dan menyebabkan fumigasi di negara asal tidak efektif 100%. Oleh karena itu, gandum harus difumigasi ulang. Tindakan yang dapat dilakukan oleh petugas karantina tumbuhan atau dilakukan oleh perusahaan jasa fumigasi yang terdaftar dan dipercaya kualitas kerjanya oleh BKT (Sasono 2012).

Bahan aktif yang efektif dan sering digunakan untuk fumigasi bahan pangan berupa biji-bijian biasanya menggunakan senyawa fosfin (PH_3). Pemilihan bahan aktif tersebut karena perlakuan dengan fosfin secara berulang-ulang relatif tidak meninggalkan residu pada komoditas bahan pangan. Fumigasi menggunakan fosfin harus memperhatikan sifat-sifat fisik dan kimianya. Beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum pelaksanaan fumigasi dengan fosfin adalah ketersediaan waktu yang cukup, kandungan air komoditas, jenis komoditas, dan jenis organisme pengganggu tumbuhan yang menjadi sasaran fumigasi.

Fosfin adalah fumigan berupa hidrogen fosfida yang memiliki pergerakan molekul sangat tinggi yang dapat melakukan penetrasi dengan cepat ke dalam komoditas dan menuju serangga sasaran serta gas yang dihasilkan lebih mudah menguap atau hilang dari komoditas setelah fumigasi berakhir sehingga mengurangi peninggalan residu terhadap komoditas. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan fumigasi yaitu dosis, konsentrasi, suhu, volume komoditas serta waktu pemaparan atau lama fumigasi (Barantan 2007). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dosis dan lama pemaparan yang efektif dalam mengendalikan *S. oryzae* pada komoditas gandum serta pengaruhnya terhadap mortalitas hama gudang tersebut.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian mengenai pengaruh fosfin (PH_3) terhadap mortalitas hama gudang *S. oryzae* pada komoditas gandum dilaksanakan pada bulan Agustus – November 2018 bertempat di Balai Karantina Pertanian Surabaya.

Metode Penelitian

Pengujian diawali dengan uji pendahuluan untuk menentukan kisaran waktu papar minimal yang diperlukan dalam pelaksanaan perlakuan fumigasi yang dapat menyebabkan mortalitas *S. oryzae* sebesar 100% atau kurang. Berdasarkan uji pendahuluan maka ditetapkan waktu papar untuk perlakuan yaitu 50 imago *S. oryzae* dipaparkan fosfin pada 12 perlakuan dosis dan waktu papar (0,5 gr/m³ pada 6 jam, 0,5 gr/m³ pada 12 jam, 0,5 gr/m³ pada 18 jam, 0,5 gr/m³ pada 24 jam, 1 gr/m³ pada 6 jam, 1 gr/m³ pada 12 jam, 1 gr/m³ pada 18 jam, 1 gr/m³ pada 24 jam, 1,5 gr/m³ pada 6 jam, 1,5 gr/m³ pada 12 jam, 1,5 gr/m³ pada 18 jam, dan 1,5 gr/m³ pada 24 jam) dan 1 kontrol. Perlakuan disusun berdasarkan rancangan acak lengkap (RAL) faktor tunggal dengan masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Seluruh tahapan perlakuan dilakukan pada toples plastik yang berisi gandum sebagai pakan dan ditempatkan dalam kotak fumigasi (*fumigation chamber*) yang berukuran 6 (100 x 100) cm².

Perbanyak Serangga Uji. Imago serangga *S. oryzae* yang terdapat pada gandum dikumpulkan dan dimasukkan dalam kantong plastik lalu dibawa ke Laboratorium serangga dan diidentifikasi. Kemudian serangga tersebut direaring untuk menghomogenkan hama yang akan digunakan. Rearing dilakukan dengan cara memasukkan serangga uji ke dalam kotak yang sudah berisi gandum dan disimpan selama kurang lebih 35 hari.

Pembuatan Kubus Ruang Fumigasi. Kubus terbentuk dari kayu dengan ukuran 1 m³, ketebalan kayu yang digunakan yaitu 3 cm. Kerangka kubus kemudian dilengkapi dengan plastik yang direkatkan dengan seal tape sehingga membentuk suatu ruangan yang kedap udara dan sesuai untuk pelaksanaan fumigasi. Ukuran kubus disesuaikan dengan standar dosis 1 gr/m³ yang setara dengan 730 ppm untuk perlakuan fumigasi (Widayanti 2017).

Uji Mortalitas Imago dan Jumlah Imago Keturunan F1 Serangga Hama *S. Oryzae*. Uji mortalitas dan jumlah imago keturunan F1 ini dilakukan 13 perlakuan dosis dan lama waktu papar. Perlakuan diujikan pada masing-masing 1 toples gandum (berisi 1 kg gandum) dan pada setiap toples diinfestasikan 50 individu imago *S. oryzae*. Biji gandum ditempatkan pada toples plastik yang ditutup kain kassa kemudian dimasukkan ke kubus fumigasi. Setelah aplikasi phosphine, dilakukan perhitungan mortalitas *S. oryzae* dan pengamatan jumlah imago keturunan F1 dengan menyimpan selama 30 hari kemudian menghitung banyaknya imago yang muncul pada setiap hasil perlakuan fumigasi.

Pengolahan Data, data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis secara statistik dan untuk melihat perbedaan pengaruh antar perlakuan dilakukan uji lanjut menggunakan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Konsentrasi Gas Phosphine (ppm) pada Dosis dan Lama Waktu Papar terhadap Mortalitas Imago Hama *S.oryzae*

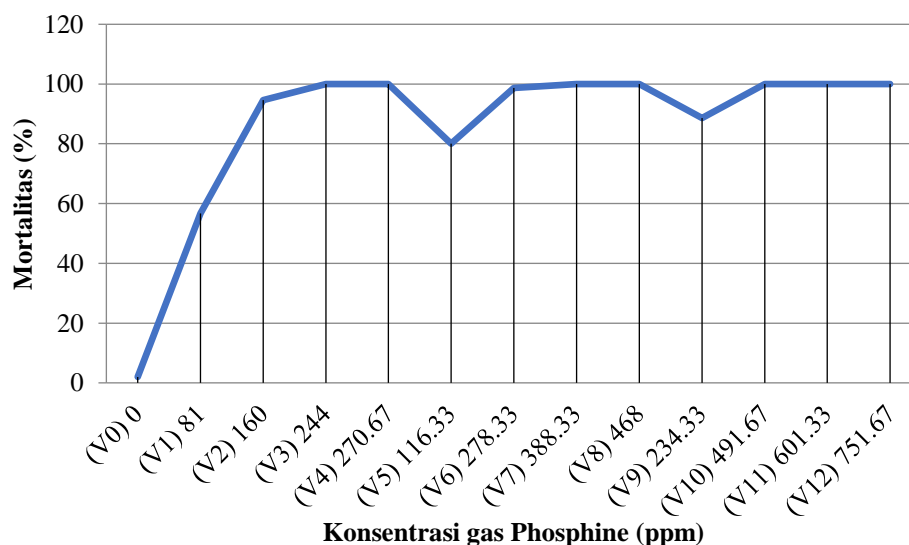
Hasil sidik ragam pengaruh dosis dan waktu pemaparan fosfin menunjukkan bahwa perlakuan dosis dan waktu pemaparan fosfin berpengaruh nyata ($F\text{-hit} > F\text{-tab}$) terhadap mortalitas imago serangga hama. Penelitian pada lama pemaparan 6, 12, 18, dan 24 jam dengan dosis 0,5, 1 dan 1,5 gr/m³ disajikan pada tabel 1. Aplikasi fosfin formulasi padat terhadap imago *S. oryzae* pada lama pemaparan 6 dan 12 jam dengan dosis 0,5 dan 1 gr/m³ belum dapat mematikan 100% serangga uji. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak dosis yang diaplikasikan dan semakin lama waktu pemaparan maka mortalitas serangga imago akan meningkat. Aplikasi fosfin formulasi padat (tablet) terhadap imago *S. oryzae* menggunakan lama pemaparan 6, 12, 18 dan 24 jam pada semua dosis (0,5 - 1,5 gr/m³) memberikan hasil mortalitas serangga uji yang berbeda sangat nyata dengan kontrol (0 gr/m³).

Tabel 1. Hasil Pengujian Mortalitas Imago Hama *S.oryzae*

Perlakuan	Mortalitas (%)
V0 (kontrol)	2 f
V1 (0,5 gr/m ³ , 6 jam)	56,67 e
V2 (0,5 gr/m ³ , 12 jam)	94,67 bc
V3 (0,5 gr/m ³ , 18 jam)	100 a
V4 (0,5 gr/m ³ , 24 jam)	100 a
V5 (1 gr/m ³ , 6 jam)	80 d
V6 (1 gr/m ³ , 12 jam)	98,67 ab
V7 (1 gr/m ³ , 18 jam)	100 a
V8 (1 gr/m ³ , 24 jam)	100 a
V9 (1,5 gr/m ³ , 6 jam)	88,67 cd
V10 (1,5 gr/m ³ , 12 jam)	100 a
V11 (1,5 gr/m ³ , 18 jam)	100 a
V12 (1,5 gr/m ³ , 24 jam)	100 a

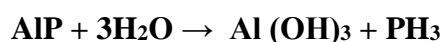
Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf uji jarak berganda Duncan taraf 5%.

Konsentrasi gas sebagai faktor respon terhadap mortalitas serangga memiliki hubungan yang erat. Hasil penelitian aplikasi fosfin terhadap *S. oryzae* menunjukkan bahwa konsentrasi gas yang terpapar pada dosis dan lama waktu papar berpengaruh sangat nyata terhadap proses respons mortalitas serangga uji. Pola hubungan antara konsentrasi fumigan dengan mortalitas imago *S. oryzae* akibat lamanya pemaparan fumigan menunjukkan pola hubungan yang searah, yaitu bertambahnya konsentrasi diikuti dengan meningkatnya mortalitas serangga uji. Berdasarkan Gambar 1 dibawah, waktu pemaparan 18 jam dan 24 jam dengan dosis 0.5, 1 dan 1.5 gr/m³ menunjukkan pola peningkatan mortalitas yang sangat tinggi dimana mortalitas mencapai 100%.

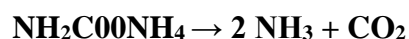


Gambar 1. Respons mortalitas imago hama *S. oryzae* terhadap konsentrasi gas fosfin pada berbagai perlakuan dosis dan lama waktu papar.

Perlakuan pemberian fumigan dalam bentuk padat yang berubah menjadi gas melalui proses sublimasi efektif dalam menekan perkembangan serangga uji. Pengujian kecepatan mortalitas dilakukan pada fase imago karena fase imago aktif bergerak dan bernafas serta lebih rentan dibandingkan fase lainnya. Fumigan yang diaplikasikan pada penelitian ini berupa formulasi padat dalam bentuk Aluminium fosfida (AIP) melalui reaksi kimia sebagai berikut:



Menurut Barantan (2007) proses perubahan gas phosphine terjadi apabila Aluminium Fosfida ditambahkan bahan pelapis seperti lilin paraffin dan lapisan matrik plastik untuk memperlambat terjadinya pelepasan gas. Selain itu, penambahan bahan pelapis juga berfungsi untuk mencegah terjadinya akumulasi konsentrasi yang tinggi di udara. Akumulasi konsentrasi yang tinggi dapat mengakibatkan terjadinya kebakaran. Toussi (2017) menyatakan bahwa bahan yang dapat ditambahkan pada phosphine untuk mencegah kebakaran adalah amonimium karbamat dengan perbandingan AIP dan ammonium karbamat 56:44. Menurut Liu *et al.* (2009) ammonium karbamat akan membebaskan ammonia dan karbon dioksida melalui reaksi sebagai berikut:



Pengukuran konsentrasi gas fosfin dilakukan dengan cara mengambil sampling gas dari selang monitor pada sudut ruang fumigasi yang telah tersambung dengan alat monitoring gas fosfin (UNIPHOS 250) selama kurang lebih 5 menit. Rata-rata mortalitas imago *S. oryzae* akibat perlakuan fosfin pada dosis 0,5-1,5 gr/m³ dengan lama paparan 6 dan 12 jam tidak menyebabkan mortalitas 100%. Tidak adanya hasil mortalitas 100% disebabkan kurang lama pemaparan fumigasi atau kurang tinggi konsentrasi gas yang terpapar pada ruang fumigasi, sehingga peningkatan konsentrasi dengan penambahan waktu papar diperlukan untuk meningkatkan persentase mortalitas (Philips *et al.*, 2016).

Persentase mortalitas imago 100% pada penelitian tersebut tercapai pada lama pemaparan 18 dan 24 jam. Aplikasi phosphine terhadap imago *S. oryzae* pada gandum efektif dilakukan pada konsentrasi 250 ppm keatas. Menurut Barantan (2007) semakin lama waktu papar maka konsentrasi gas dalam ruang fumigasi akan semakin meningkat hingga waktu puncak dekomposisi pada suhu dan kelembapan yang sesuai dan akan menurun kembali sampai tablet fosfin terdekomposisi secara menyeluruh dan tidak meninggalkan residu yang dapat membahayakan lingkungan serta komoditas yang sedang dilakukan fumigasi. Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi gas fosfin, maka dosis yang dapat digunakan adalah 0,5 gr/m³, dimana dengan menggunakan dosis tersebut dengan waktu papar minimal 18 jam mortalitas optimum imago dapat tercapai karena konsentrasi gas fosfin sudah diatas 200 ppm sebagai

standar perlakuan fumigasi. Selain itu, penggunaan dosis yang minimum lebih efektif untuk diaplikasikan karena akan memperkecil residu yang dihasilkan, mengurangi risiko pencemaran lingkungan dan akan menekan biaya perlakuan fumigasi.

Menurut Phillips *et al.* (2016) konsentrasi gas fosfin yang efektif 100% mematikan imago serangga hama pada saat fumigasi untuk fase imago pada konsentrasi 200 ppm dengan suhu 32⁰C pada waktu paparan 24 dan 48 jam, sedangkan pupa dan telur dari hama *S. oryzae* lebih tahan terhadap fosfin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi gas fosfin yang terpapar pada perlakuan semua dosis (0,5 – 1,5 gr/m³) menunjukkan angka rata-rata 250 ppm ke atas pada lama waktu paparan 18 dan 24 jam dengan suhu 38⁰C dan kelembapan udara 48% sudah mencapai mortalitas imago 100% sedangkan pada lama waktu paparan 6 dan 12 jam belum mencapai 250 ppm dengan suhu yang sama. Yong (2011) menyatakan bahwa faktor lain yang berpengaruh terhadap toksisitas fosfin adalah suhu. Peningkatan suhu dapat meningkatkan mortalitas karena meningkatnya suhu mengakibatkan laju respirasi akan semakin tinggi sehingga hal ini akan berbanding lurus dengan banyaknya fumigan yang diserap. Pengendalian hama gudang menggunakan fosfin dengan sistem aliran yang kontinu harus memastikan keberlanjutan jumlah konsentrasi yang digunakan, suhu aplikasi harus cukup tinggi untuk memastikan waktu yang baik dalam membunuh serangga tersebut, serta risiko korosi dalam pergudangan.

Pengamatan yang dilakukan pada beberapa perlakuan dengan hasil mortalitas 100% memperlihatkan serangga *S. oryzae* tidak bergerak lagi dan bahkan sudah kaku dan mengeras. Laju kecepatan reaksi fosfin bentuk tablet terhadap serangga *S. oryzae* disesuaikan pada volume udara tempat perlakuan, sehingga fosfin sangat cepat berdifusi ke udara dalam kubus perlakuan. Fosfin yang telah berdifusi di udara akan melakukan kontak secara langsung terhadap sistem pernafasan serangga, sehingga menimbulkan kematian pada serangga. Fosfin bekerja dengan cara menghambat proses respirasi sel serangga melalui penghambatan fungsi enzim sitokrom c oksidase pada rantai transpor elektron dalam mitokondria sehingga berdampak pada terhambatnya fosforilase oksidatif dan mengurangi produksi ATP yang mengakibatkan sel kekurangan energi sehingga berbagai proses dalam sel terhambat, terjadi kerusakan jaringan dan menyebabkan kematian juga dapat mengakibatkan pembentukan anion superoksida yang dapat merusak sel (Shakeri & Mehpour 2015). Nath *et al.* (2011) menyatakan bahwa selain menghambat fungsi mitokondria, fosfin bekerja dalam tubuh serangga dengan menghambat sistem saraf serangga hama. Fosfin sebagai racun syaraf berfungsi menghambat enzim asetilkolinesterase yang mengakibatkan asetilkolin tidak mampu dihidrolisis oleh enzim asetilkolinesterase, sehingga terjadi stimulus yang berlebihan dan paralisis serta berakibat pada kematian serangga.

Pengaruh Fumigasi Fosfin (PH₃) terhadap Jumlah Imago Keturunan F1 Hama *S.oryzae*

Berdasarkan pengamatan diperoleh hasil bahwa fumigasi fosfin memberikan pengaruh yang nyata dalam menghambat pertumbuhan serangga hama gudang *S. oryzae*. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan kontrol berbeda nyata dengan perlakuan lain dengan hasil jumlah imago terendah pada perlakuan V12 (dosis 1,5 gr/m³ pada lama waktu papir 24 jam) rata-rata sebanyak 1 ekor.

Tabel 2. Rata-rata Jumlah Imago *S. oryzae* Turunan Pertama (F1)

Perlakuan	Jumlah imago (ekor)
V0 (kontrol)	5,67 a
V1 (0,5 gr/m ³ , 6 jam)	4,00 ab
V2 (0,5 gr/m ³ , 12 jam)	3,33 abc
V3 (0,5 gr/m ³ , 18 jam)	2,67 abcd
V4 (0,5 gr/m ³ , 24 jam)	2,33 bcd
V5 (1 gr/m ³ , 6 jam)	3,67 ab
V6 (1 gr/m ³ , 12 jam)	2,00 bcd
V7 (1 gr/m ³ , 18 jam)	1,67 bcd
V8 (1 gr/m ³ , 24 jam)	1,33 cd
V9 (1,5 gr/m ³ , 6 jam)	3,00 abcd
V10 (1,5 gr/m ³ , 12 jam)	1,33 cd
V11 (1,5 gr/m ³ , 18 jam)	1,67 bcd
V12 (1,5 gr/m ³ , 24 jam)	1,00 d

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf uji jarak berganda Duncan taraf 5%.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan fumigasi PH₃ berpengaruh nyata pada jumlah imago hama *S. oryzae* keturunan F1 yang muncul setelah pengamatan selama 30 hari. Secara umum dapat dilihat bahwa rata-rata jumlah imago yang muncul ada perbedaan antara perlakuan kontrol dengan perlakuan yang lainnya. Jumlah imago yang paling banyak muncul pada perlakuan kontrol dengan rata-rata 5,67 ekor, sedangkan terendah terdapat pada perlakuan dengan dosis 1,5 gr/m³ dan lama waktu papir 24 jam yaitu dengan rata-rata sebesar 1,00 ekor. Jumlah imago yang muncul (F1) berkaitan dengan jumlah telur yang diletakkan oleh serangga uji sebelum perlakuan fumigasi dan lolos pemeriksaan.

Fumigasi fosfin dapat membunuh hama melalui sistem pernafasan sehingga daya bunuhnya bergantung pada aktivitas pernafasan serangga. Menurut Darsilawati (2015) pupa dan telur merupakan fase yang paling toleran dibandingkan larva dan imago ketika waktu papir fumigasi yang digunakan pendek karena aktivitas pernafasan pupa dan telur sedikit. Serangga hama gudang fase telur dan pupa sulit dilihat pada saat bercampur dengan komoditas, sehingga fase telur dan pupa berpeluang untuk berinteraksi dengan serangga hama gudang yang ada di Indonesia dan mudah lolos dari pemeriksaan.

Studi kasus yang dilaporkan oleh Klementz & Reichmuth (2007) bahwa hama *Cryptolestes ferrugineus* yang terdapat pada biji kakao impor dari Afrika Selatan ke Jerman masih dapat bertahan hidup pada paparan fosfin dengan dosis 6 gr/m³ dan konsentrasi gas yang mencapai 7500 ppm. Kasus tersebut tidak menutup kemungkinan terjadi pada hama *S. oryzae* yang juga telah resisten pada fase telur atau pupa yang relatif sulit terdeteksi saat proses pemeriksaan. Tingkat resistensi suatu populasi dapat terjadi akibat adanya tekanan seleksi yang tinggi dalam periode waktu yang lama. Lama waktu papar saat perlakuan fumigasi juga berpengaruh pada jumlah imago keturunan F1 yang muncul dan penetasan telur dalam komoditas yang diaplikasikan fumigan. Fumigan tidak dapat menembus telur dan pupa akibat kandungan zat kitin yang terkandung dalam kulit telur dan lapisan pupa.

Pelaksanaan fumigasi harus dapat membunuh 100% serangga hama yang ada dalam penyimpanan. Menurut Rajendran & Muthu (1981) keberhasilan pelaksanaan fumigasi dapat dilihat dari beberapa faktor diantaranya yakni teknik pelaksanaan fumigasi yang tidak sesuai, penyerapan gas yang tinggi oleh komoditas, distribusi fumigan yang buruk dan toleransi serangga terhadap fumigan. Kemungkinan yang terjadi adalah serangga dalam perkembangan tertentu akan resisten terhadap fumigan dan jumlah keturunan pada generasi berikutnya dapat meningkatkan toksisitas baik dalam proses oviposisi bahkan penetasan telur. Munculnya imago baru dalam penelitian ini disebabkan karena toleransi telur yang berada pada komoditas tersebut dan lama waktu papar yang kurang sehingga penetrasi racun dalam telur kurang baik. Efektivitas fumigasi pada stadium telur harus memperhatikan konsentrasi dari fumigan yang diaplikasikan agar dapat menembus cangkang yang melindungi telur. Oktianty *et al.* (2016) menyatakan bahwa toleransi telur yang tinggi berkaitan dengan usia dari telur tersebut. Toleransi telur juga dapat dikontrol dengan cara menaikkan suhu atau memperpanjang waktu paparan serta konsentrasi dari fumigan yang digunakan saat pelaksanaan fumigasi. Hasil pengamatan menunjukkan dalam waktu 24 jam belum dapat menunjukkan 100% bebas hama karena adanya imago baru yang muncul, sebaiknya waktu pemaparan dilakukan 3-5 hari agar fumigan terdekomposisi sempurna dan mencapai 100% bebas hama sesuai dengan prinsip fumigasi sendiri.

KESIMPULAN

Dosis dan waktu pemaparan memberikan pengaruh yang nyata terhadap mortalitas imago *S. oryzae*. Berdasarkan perlakuan mortalitas imago dengan waktu pemaparan 18 dan 24 jam sudah mencapai 100% dengan dosis perlakuan 0,5 gr/m³, 1 gr/m³ dan 1,5 gr/m³. Lama waktu pemaparan fumigan berpengaruh terhadap jumlah imago keturunan F1 yang muncul setelah perlakuan fumigasi. Waktu pemaparan 6 jam rata-rata menghasilkan keturunan F1 yang hampir sama dengan perlakuan kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Antika SRV, Ludji PA, dan Rina R. 2014. Perkembangan *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae) pada Berbagai Jenis Pakan. *HPT*, 2(4): 77-84.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Impor Gandum Indonesia. Jakarta: Pemerintah.
- [Barantan] Badan Karantina Pertanian. 2007. *Manual Fumigasi Fosfin (Untuk Perlakuan Karantina Tumbuhan)*. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Darsilawati I. 2015. Hama Gudang Ordo Coleoptera pada Bahan Baku Pakan Ternak Impor dan Status Resistensinya terhadap Fosfin (Tesis). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Herlina L dan Bonjok I. 2013. Respon Ketahanan Beberapa Varietas Gandum terhadap Hama Gudang *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Dryopdhoridae). *Bul.Plasma Nutfah*, 19(2): 89-101.
- Klementz D and Reichmuth CH. 2007. Residues of Phosphine in Cocoa Beans After Fumigation and its Effect on the Rusty Grain Beetle *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens). In: Donahaye EJ, Navarro S, Bell C, Jayas D, Noyes R, Phillips TW, editors. *Proc. Int. Conf. Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products*, 2004 August 8-13, Gold-Coast Australia. Israel (IL): FTIC Ltd. Publishing. 599p.
- Liu J, Shujuan W, Bo Z, Huiling T and Changhe C. 2009. Absorption of Carbon Dioxide in Aqueous Ammonia. *Energy Procedia*, (1): 933-940.
- Nath NS, Ishita B, Andrew GT, David IS and Paul RE. 2011. Mechanisms of Phosphine Toxicity. *Toxicology*, 1(1): 1-9.
- Oktianty R, Martini dan Rully R. 2016. Efektivitas Fumigan Sulfuryl Fluoride terhadap Pengendalian *Tribolium castaneum* (Insecta: Coleoptera) di Gudang Industri Pakan Ternak di Wilayah Kota Semarang. *Kes.Masyarakat*, 4(1): 188-192.
- Phillips TW, Bonjour EL, Payne K, Noyes RT, Cuperus GW, Schmidt C, and Mueller DK. 2016. Effects of Exposure Time, Suhue and Life Stage on Mortality of Stored Grain Insect Treated with Cylinderized Phosphine. *Researchgate*, 1(1): 320-325.
- Rajendran S and Muthu M. 1981. Post-fumigation productivity of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) Exposed to Acrylonitrile, Adjuvants of Acrylonitrile, Acrylonitrile-adjuvants Mixtures and other Modern Fumigants. *Bull.Ent.Res*, 71: 163-169.
- Sasono HB, 2012. *Manajemen Pelabuhan dan Realisasi Ekspor Impor*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Shakeri S and Mehpour O. 2015. Aluminum Phosphide Poisoning in Animals. *Med.Toxicology and Forensic Medicine*, 5(2): 81-97.
- Toussi AG. 2017. Successful Treatment of Aluminium Phosphide; Is It Possible?. *Asia Pac J Med Toxicol*, 6: 92-98.

- Widayanti S, Dadang dan Idham SH. 2017. Status resistensi terhadap Fosfin pada *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) dari gudang penyimpanan biji kakao di Makassar Sulawesi Selatan. *Entomologi Indonesia*, 14(1): 10-19.
- Yong BL. 2011. Low Suhue Phosphine Fumigation of Chilled Lettuce Under Insulated Cover for Postharvest Control of Western Flower Thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Asia-Pasific Entomology*, 14: 323-325.