

EFEKTIVITAS FUMIGAN ALUMINIUM FOSFIDA TERHADAP *Rhyzoperta dominica* PADA BERAS DI GUDANG PERUM BULOG KUPANG, NUSA TENGGARA TIMUR***EFFECTIVENESS OF FUMIGANT FOSFIDA ALUMINUM ON *Rhyzoperta dominica* IN RICE IN BULOG KUPANG WAREHOUSE, EAST NUSA TENGGARA*****Ariesta P. Sesfao, Jesayas A. Lodingkene, Petronella S. Nenotek**Program Studi Agroteknologi Faperta Undana
E-mail: nellanenotek01@gmail.com**ABSTRACT**

This research was carried out at the Perum Kupang Warehouse, East Nusa Tenggara with aimed to determine the effectiveness of aluminum phosphide in controlling *Rhyzoperta dominica* in the Bulog Perum warehouse. This study was arranged in a completely randomized design (CRD) method with 5 treatment doses and each treatment was repeated five times. The variables observed were mortality symptoms of *R. dominica*, mortality of *R. dominica* treated with aluminum phosphide and rice loss. The results showed that the mortality of *R. dominica* treated with aluminum phosphide showed symptoms of body shrinkage as it gradually dried and became stiffer. Aluminum phosphide fumigant was toxic to *R. dominica* imago and each treatment had different level of toxicity. At doses of 8 g ton⁻¹ and 18 g ton⁻¹ of Aluminum phosphide fumigant, it could kill *R. dominica* imago $\geq 95\%$. The results of probit analysis showed that aluminum phosphide could kill 50% of the tested insects at a dose of 6.33 g ton⁻¹ (LD₅₀) and 18.37 g ton⁻¹ (LD₉₀) at one week after treatment (WAT), while at four WAT, at a dose of 1.28 g ton⁻¹ (LD₅₀) and 8 g ton⁻¹ aluminum phosphide could kill 50% and 95% of insects tested, respectively. There was no rice shrinkage observed in each treatment, this is presumably because on the first day of weighing *R. dominica* imago had been exposed to phosphine gas and at one WAT the insects were removed from the sample sack and then transferred to a new container to observe weekly mortality.

Keywords: Aluminum phosphide; rice; mortality; *Rhyzoperta dominica***ABSTRAK**

Penelitian ini telah dilaksanakan di Gudang Perum Kupang, Nusa Tenggara Timur, yang bertujuan mengetahui efektivitas dari fumigant aluminium fosfida dalam mengendalikan *Rhyzoperta dominica* di gudang Perum Bulog. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 dosis perlakuan dan setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Variabel yang diamati gejala mortalitas *R. dominica*, mortalitas *R. dominica* yang diberi perlakuan aluminium fosfida dan susut beras. Hasil penelitian menunjukkan gejala teramati mortalitas pada *R. dominica* yang diberi perlakuan aluminium fosfida menunjukkan gejala penyusutan tubuh saat berangsur-angsur kering dan menjadi lebih kaku. Fumigant aluminium fosfida bersifat toksik terhadap imago *R. dominica* dan toksisitas berbeda pada setiap perlakuan, dosis sebanyak 8 g ton⁻¹ dan 18 g ton⁻¹ dapat membunuh imago *R. Dominica* $\geq 95\%$. Hasil analisis probit menunjukkan bahwa Aluminium fosfida dapat mematikan 50% serangga uji pada dosis 6,33 g ton⁻¹ (LC₅₀) dan 18,37 g ton⁻¹ (LC₉₀) pada 1 MSP, sedangkan pada 4 MSP nilai Aluminium fosfida dapat mematikan 50% serangga uji pada dosis 1,28 g ton⁻¹ (LC₅₀) dan 8 gr/ton untuk mematikan serangga uji 90%. Tidak ada penyusutan beras pada setiap perlakuan, hal tersebut diduga karena pada penimbangan hari pertama imago *R. dominica* sudah

terpapar gas fosfin dan pada 1 MSP serangga telah dikeluarkan dari karung sampel lalu dipindahkan ke wadah yang baru untuk diamati mortalitasnya setiap minggu.

Kata Kunci: Aluminium fosfida; beras; mortalitas; *Rhyzopertha dominica*

PENDAHULUAN

Rhyzopertha dominica (Coleoptera: Bostrichidae) merupakan salah satu hama penting pada komoditas biji-bijian (Edde, 2012; Opit et al., 2012), seperti gandum (Collins et al., 2002), beras dan padi (Arthur et al., 2012; Su et al., 2019). Kemampuan merusak pada beras lebih tinggi dibandingkan dengan gabah padi, dimana kehilangan hasil berkisar antara 2%-3,5% (Su et al., 2019). Di Amerika Serikat, hama ini dapat menimbulkan kerugian biji-bijian di tempat penyimpanan sampai jutaan dolar pada setiap tahun (Flinn et al., 2004). Dengan demikian aktivitas hama ini dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas komoditas biji-bijian yang dimakan.

Pengendalian hama gudang hingga saat masih dilakukan secara kimiawi dengan menggunakan teknik fumigasi. Fumigasi adalah suatu tindakan perlakuan terhadap suatu komoditas dengan menggunakan fumigan tertentu di dalam ruang kedap udara, pada suhu dan tekanan tertentu.

Perum Bulog Kupang, Nusa Tenggara Timur, secara terjadwal melakukan pengendalian hama secara fumigasi dengan menggunakan fumigan. Jenis fumigant yang digunakan dalam pengendalian hama gudang adalah fumigant berbahan aktif aluminium fosfida. Aluminium fosfida (AIP) adalah senyawa anorganik yang mudah menguap dan sangat beracun terhadap hama dan dapat membunuh seluruh stadia hama yang digunakan sebagai fumigan pada hama (Meena et al., 2015). Namun informasi tentang efektivitas dari aluminium fosfida dalam mengendalikan *R. dominica* masih sangat terbatas atau informasi tersebut hanya diketahui oleh internal Bulog sehingga perlu dilakukan penelitian dengan tujuan mengetahui efektivitas dari Aluminium fosfida dalam mengendalikan *Rhyzopertha dominica* di gudang Perum Bulog Kupang.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Gudang Perum Bulog Kupang, Nusa Tenggara Timur yang berlangsung dari bulan Maret sampai bulan Desember 2019. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Pada penelitian ini diuji 5 dosis sebagai perlakuan dan setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Dosis perlakuan yang digunakan yaitu aluminium fosfida dengan dosis 3 g/ ton, Aluminium fosfida dengan dosis 6 g/ton, aluminium fosfida dengan dosis 9 g/ton, Aluminium fosfida dengan dosis 12 gr/ton dan

aluminium fosfida dengan dosis 15 g/ton.

Prosedur pelaksanaan penelitian meliputi: 1. Pembiakan serangga uji: Sebanyak 50 pasang Imago *R. dominica* yang diperoleh dari Bulog dimasukkan ke dalam toples plastik berukuran tinggi 12 cm dan diameter 15 cm, yang telah berisi beras sebanyak 200 gram. Kemudian ditutup menggunakan kain kasa dan di ikat dengan karet gelang, lalu dipelihara selama 30 hari untuk memperoleh imago yang umurnya relatif seragam untuk dijadikan serangga uji. 2. Pengujian: Imago *R. dominica* yang telah diperoleh dari hasil pembiakan dimasukkan ke dalam karung sampel yang berjumlah 30 buah dengan ukuran 15 cm x 20 cm yang didalamnya diisi dengan beras sebanyak 1 kg per karung yang telah disiapkan. Jumlah imago *R. Dominica* yang dimasukkan ke dalam tiap karung adalah 8 pasang imago. Karung beras perlakuan selanjutnya diletakan pada sela-sela staple (tumpukan) beras 50 kg milik Bulog yang terdapat di dalam gudang fumigasi. Kemudian tumpukan beras ditutup dengan plastik sungkup dan pada kontrol, plastik sungkup disekitar kaki staple langsung dirapikan dan ditindih dengan *sand snake* agar tidak bercampur dengan fumigan. Lalu tablet aluminium fosfida dimasukkan ke dalam piring sesuai dengan dosis masing-masing perlakuan dan diletakan di bawah stapel beras. Selanjutnya, plastik sungkup disekitar kaki stapel dirapikan dan ditindih dengan *sand Snake*, agar tidak terjadi kebocoran gas.

Variabel yang diamati meliputi: 1. gejala mortalitas *R. dominica*: melihat perubahan fisik *R. dominica*, 2. tingkat mortalitas *R. dominica*: menghitung jumlah *R. dominica* yang mati pada setiap karung perlakuan dan 3. susut beras: ditimbang karung beras setiap perlakuan.

Gejala kematian serangga uji dideskripsikan. Data mortalitas dianalisis dengan menggunakan analisis probit POLO PC (LeOra Software, 1987) untuk mengetahui nilai toksisitas LD₅₀ dan LD₉₅. Untuk mengetahui persentase mortalitas dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$M = \sum \frac{\text{serangga yang mati}}{\text{total serangga}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gejala Mortalitas *R. dominica*

Gejala mortalitas pada *R. dominica* mulai nampak pada saat diamati satu minggu setelah perlakuan. Kumbang *R. dominica* yang telah mati menunjukkan penyusutan tubuh terutama dibagian abdomen saat berangsur-angsur kering dan serangga menjadi lebih kaku. Gejala tersebut diduga pengaruh dari bahan aktif aluminium fosfin yang mempengaruhi system pernafasan serangga uji. Gas fosfin masuk ke dalam tubuh serangga melalui sistem pernafasan yang merusak trachea, aorta, jantung, dan system pencernaan (Mehrpour et al., 2012). Diduga bahwa fosfin juga mengganggu sistem mitokondria imago *R. dominica*. Gejala klinis oleh gas

fosfin yang dihasilkan dari Aluminium fosfida dapat mengganggu fungsi mitokondria yang dapat menghambat respirasi sel dan menginduksi stress oksidatif pada serangga, nematoda dan binatang seperti tikus (Shakeri et al., 2015).

Serangga yang terpapar oleh insektisida mengalami beberapa tahapan sebelum mengalami kematian. Menurut Tarumingkeng (1992), tahapan tersebut adalah eksitasi, konvlusi, dan paralisis. Eksitasi terjadi keadaan terangsang mengakibatkan gerakan serangga uji yang tidak beraturan atau tidak normal, konvlusi; kejang-kejang (kondisi ini ditandai dengan gerakan tubuh yang tidak terkendali dan disertai dengan hilang kesadaran), paralisis; keadaan lumpuhnya sejumlah bagian tubuh serangga akibat kerusakan yang terjadi pada saraf penggerak otot tubuh dan terjadi kematian serangga. Diduga, sebelum imago *R. dominica* mengalami tahapan paralisis, serangga tersebut telah melewati tahapan eksitasi dan konvlusi yang terlewati pada saat peneliti melakukan pengamatan.

***Ryzopthera dominica* yang diberi perlakuan aluminium fosfida**

Fumigant aluminium fosfida bersifat toksik terhadap imago *R. dominica* dan toksisitas berbeda pada setiap perlakuan, dosis sebanyak 12 g ton⁻¹ dan 15 g ton⁻¹ dapat membunuh imago *R. dominica* $\geq 90\%$ (Tabel 1).

Tabel 1. Data Kumulatif Mortalitas *Rhyzopethra dominica* yang Diberi Aluminium Fosfida pada 4 MSP.

Perlakuan (g/ton)	Mortalitas 4 MSP (%)
Kontrol	0,00
3	71,25
6	86,25
9	87,50
12	92,50
15	96,25

Data pada tabel 1 menunjukkan bahwa mortalitas terendah *R. dominica* adalah 71,25 % pada perlakuan 3 g ton⁻¹ pada 4 MSP, sedangkan mortalitas tertinggi *R. dominica* adalah 96,25% pada perlakuan 15 gr/ton. Hal tersebut, diduga karena racun setiap perlakuan berbeda sesuai dengan dosis yang diberikan pada setiap perlakuan. Dalam formulasi yang berbentuk padat, fumigan Aluminium fosfida ketika menguap akan menghasilkan gas fosfin sehingga menyebabkan kematian pada setiap fase serangga yang ada pada biji-bijian dan sekitarnya (Pant & Tripathi, 2012).

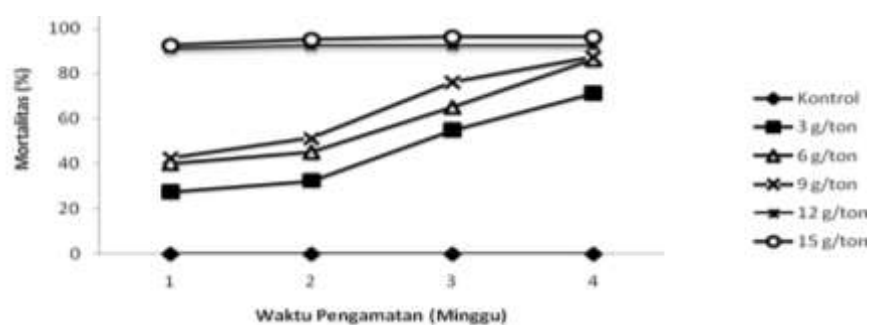
Dua dan Gill (2004), menyatakan bahwa aluminium fosfida menyebabkan terjadinya penurunan reaksi sitokrom oksidase, perubahan NADH dan reaksi suksinat dehidrogenase sehingga mempengaruhi penurunan yang signifikan pada bagian 3 dan bagian 4 respirasi. Hal ini

juga mempengaruhi sintesis ATP yang menyebabkan mitokondria tidak dapat berfungsi dengan baik. Hasil penelitian yang diberikan pada tikus menunjukkan bahwa interaksi Aluminium fosfida dengan komponen rantai redoks menyebabkan gangguan transfer elektron di sepanjang rantai pernapasan. Menurut Gazoni, et al. (2011) mekanisme kerja gas fosfin didasarkan pada penghambatan parsial rantai transport elektron yang meningkatkan pembentukan superoksida dismutase dan radikal hidroksil. Radikal ini melalui peroksidasi lipid, yaitu menghasilkan kerusakan sel diikuti oleh kematian serangga.

Perkembangan mortalitas *R. dominica* setiap minggu untuk masing-masing perlakuan berbeda (Gambar 1). Mortalitas serangga uji sudah mulai nampak pada satu minggu setelah perlakuan (MSP) pada semua dosis. Jumlah serangga uji banyak yang mati pada dosis 15 g ton⁻¹, dengan presentasi mortalitas mencapai 92,5%. Pada dosis 12 g ton⁻¹, kematian serangga uji mencapai 90%. Pada dosis 3-9 g ton⁻¹, mortalitas serangga uji belum mencapai 50%.

Kematian serangga uji meningkat lagi pada 2 MSP pada semua dosis yang diujikan. Mortalitas serangga uji belum mencapai 50% pada dosis 3 g ton⁻¹ dan 6 g ton⁻¹, namun pada dosis 9 g ton⁻¹ mortalitas serangga uji telah mencapai 50% yaitu 51,25%. Pada dosis 12% dan 15%, senyawa beracun tersebut mengakibatkan kematian serangga uji masing-masing sebesar 92,5% dan 95%.

Respon kumbang *R. dominica* terhadap aluminium fosfida masih tampak pada 3 MSP. Hal ini nampak pada peningkatan mortalitas dari serangga uji pada semua dosis perlakuan. Dosis 3 g ton⁻¹ dan 6 g ton⁻¹ aluminium fosfida menyebabkan kematian kumbang *R. dominica* lebih dari 50%. Demikian juga pada dosis 9 g ton⁻¹, mortalitas kumbang tersebut telah mencapai 76,25%. Kematian serangga uji lebih banyak pada 1-3 MSP. Perkembangan mortalitas terendah pada 4 MSP terdapat pada dosis 3 g ton⁻¹ menyebabkan kematian 71,25 dan tertinggi pada dosis 15 g ton⁻¹ menyebabkan mortalitas 96,25%, pada dosis 12 g ton⁻¹ menyebabkan mortalitas 92,50.



Gambar 1. Perkembangan mortalitas imago *R. dominica* yang diberi perlakuan Aluminium fosfida

Kematian serangga uji terus bertambah sampai 4 MSP. Hal ini menggambarkan bahwa fumigant tersebut diduga memiliki daya simpan sampai 4 MSP sehingga direspon oleh serangga uji. Cara kerja dari senyawa aluminium fosfida diduga bersifat kronis setelah terpapar oleh sistem

pernapasan dari serangga uji.

Pendugaan Toksisitas Aluminium Fosfida terhadap *R. dominica*

Pendugaan toksisitas Aluminium fosfida terhadap *R. dominica* didasarkan pada analisis probit. Hasil analisis probit menunjukkan bahwa aluminium fosfida dapat mematikan 50% serangga uji pada dosis 6,33 g ton⁻¹ (LD₅₀) dan 18,37 g/ton⁻¹ (LD₉₀) pada 1 MSP, sedangkan pada 4 MSP nilai aluminium fosfida dapat mematikan 50% serangga uji pada dosis 1,28 gr/ton (LD₅₀) dan 8 g ton⁻¹ untuk mematikan serangga uji 90% (Tabel 2). Hal ini menggambarkan bahwa diperlukan dosis aluminium fosfida yang cukup tinggi untuk mematikan *R. dominica* dalam jangka waktu yang lebih singkat, sedangkan untuk dosis yang lebih rendah diperlukan waktu yang cukup lama karena daya racun pada setiap dosis berbeda-beda. Rajendran & Gunasekaran (2002) menyatakan bahwa respon dari *R. dominica* dan *Sitophilus oryzae* tahan terhadap aluminium fosfida pada konsentrasi rendah namun, pada aplikasi fosfin dalam konsentrasi meningkat lebih efektif daripada konsentrasi rendah.

Tabel 2. Pendugaan Toksisitas Aluminium fosfida terhadap *R. Dominica*

Jenis	Waktu pengamatan (MSP)	a ± Gb		LD ₅₀ (SK 95%)	LD ₉₀ (95%)
		a ± Gb	b ± Gb		
Aluminium fosfida	1	2,22 ± 0,26	2,77 ± 0,29	6,33	18,37
	2	2,04 ± 0,26	2,73 ± 0,29	5,66	16,32
	3	1,02 ± 0,25	2,08 ± 0,29	3,11	12,79
	4	1,16 ± 0,27	1,5 ± 0,32	1,28	8,91

Keterangan : *a* = intercept regresi probit, *b* = kemiringan regresi probit, GB = galat baku, SK = selang kepercayaan.

Hasil analisis probit (Tabel 2) memberikan gambaran bahwa semakin tinggi populasi serangga uji maka semakin tinggi dosis yang diperlukan. Banyaknya populasi juga mempengaruhi toksisitas dari suatu bahan aktif pestisida yang diuji.

Pemberian aluminium fosfin selama 7 hari pada dosis 1,5g/m³ dan konsentrasi 500-600 ppm dapat mengendalikan *R. dominica*, *S. oryzae*, dan *Tribolium castenum*. Perlakuan fumigasi tersebut direkomendasi pada suhu 25⁰C-27⁰C dan kelembaban udara 38-45% (Arora et al., 2021). Rajendran (2016) menyarankan bahwa aluminium fosfin diberi konsentrasi 500 ppm pada serangga yang belum resisten atau peka terhadap fumigant tersebut.

Penggunaan fumigasi aluminium fosfida perlu diperhatikan untuk menghindari terjadinya resistensi pada serangga uji. Rajendran (2016) menyatakan bahwa dosis aluminium fosfida disesuaikan dengan jenis hama, komoditas, dan factor ketahanan. Penggunaan aluminium fosfin pada gudang penyimpanan telah digunakan sejak. Bahan aktif tersebut sangat berpengaruh pada

kesehatan manusia sehingga diperlukan peraturan pemerintah untuk menetapkan dosis rekomendasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hampir 300.000 orang setiap tahun keracunan karena pestisida tersebut karena senyawa aktif tersebut dapat mengakibatkan penyakit akut dan kronis pada manusia (Mehrpour et al., 2012)

Susut Beras

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan susut beras pada perlakuan yang ditunjukkan pada Tabel 3. Hal tersebut diduga karena pada penimbangan hari pertama diperkirakan imago *R. dominica* sudah terpapar gas fosfin sehingga nafsu makan berkurang atau bahkan mortalitas *R. dominica* sudah terjadi pada hari pertama dan terus berlanjut sampai 1 MSP sehingga pada saat melakukan penimbangan beras tidak mengalami penyusutan.

Menurut Departemen Pertanian (2007), senyawa aluminium fosfida akan bereaksi dengan uap air dan menghasilkan gas fosfin setelah 2-4 jam dan dekomposisi sempurna akan terjadi setelah 72 jam pada temperatur dan kelembaban yang lebih rendah, dekomposisi akan lebih lama sekitar 120 jam dan pada 1 MSP serangga dikeluarkan dari karung sampel lalu dipindahkan ke wadah yang baru untuk diamati mortalitasnya setiap minggu sehingga tidak terjadi penyusutan. Menurut Soekarna (1982), besarnya kerusakan dan penyusutan pada bobot biji di tempat penyimpanan itu tergantung dari jumlah kepadatan populasi serangga, bila populasi serangga berjumlah besar maka kerusakan dan penyusutan pun semakin meningkat.

Tabel 3. Pengaruh Aluminium fosfida terhadap Susut Beras (kg).

Perlakuan (g/ton)	Ulangan	Susut Beras (kg)			
		Waktu Pengamatan (minggu ke...)			
		1	2	3	4
kontrol	5	1,00	1,00	1,00	1,00
3	5	1,00	1,00	1,00	1,00
6	5	1,00	1,00	1,00	1,00
9	5	1,00	1,00	1,00	1,00
12	5	1,00	1,00	1,00	1,00
15	5	1,00	1,00	1,00	1,00

SIMPULAN

Bahan aktif aluminium fosfida mampu mengendalikan kumbang *Ryzophthera dominica* pada dosis 8-18 g/ton. Pada dosis tersebut, persentasi kematian serangga uji $\geq 95\%$ setelah 1, 2, 3, dan 4 MSP. Gejala kematian serangga yang terpapar dengan aluminium fosfida adalah penyusutan tubuh dibagian abdomen ketika serangga menjadi kering dan tubuh serangga menjadi lebih kaku. Dosis rekomendasi (12 g ton⁻¹) dari Perum Bulog Nusa Tenggara Timur berada pada hasil toksisitas yang dicobakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti berterima kasih kepada Perum Bulog Nusa Tenggara Timur yang telah bersedia menerima tim peneliti untuk melakukan penelitian di wilayah kerjanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arora, S., Stanley, J., & Srivastava, C. (2021). Temporal dynamics of phosphine fumigation against insect pests in wheat storage. *Crop Protection*, 144, 105602. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105602>
- Arthur, F. H., Ondier, G. O., & Siebenmorgen, T. J. (2012). Impact of *Rhyzopertha dominica* (F.) on quality parameters of milled rice. *Journal of Stored Products Research*, 48, 137–142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.10.010>
- Collins, P. J., Daglish, G. J., Bengston, M., Lambkin, T. M., & Pavic, H. (2002). Genetics of Resistance to Phosphine in *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Economic Entomology*, 95(4), 862–869. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.4.862>
- Dua. R., Gill., & K.D. (2004). Effect of Aluminium phosphide exposure on kinetic properties of cytochrome oxidase and mitochondrial energy metabolism in rat brain. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)*, Elsevier 1674 (1), 4-11.
- Departemen Pertanian. 2007. *Manual Fumigasi Fosfin*. Badan Karantina Pertanian. Pusat Karantina Tumbuhan. Jakarta. 90 hlm.
- Edde, P. A. (2012). A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.) the lesser grain borer. *Journal of Stored Products Research*, 48, 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.08.007>
- Flinn, P. W., Hagstrum, D. W., Reed, C., & Phillips, T. W. (2004). Simulation model of *Rhyzopertha dominica* population dynamics in concrete grain bins. *Journal of Stored Products Research*, 40(1), 39–45. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(02\)00064-4](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(02)00064-4)
- Gazoni, F.L., Wilmasmann, C.S., Flores, F., Silveira, F., Azambuja, B., Bouffleur., & Lovato, M. (2011). Efficacy of Phosphine Gas Against the Darkling Beetle (*Alphitobius diaperinus*). *Acta Scientiae Veterinariae*, 39(2), 1-6.
- LeOra Software. (1987). *POLO-PC User's Guide*. Petaluma (CA): LeOra Software.
- Meena, M. C., Mittal, S., & Rani, Y. (2015). Fatal aluminium phosphide poisoning. *Interdisciplinary Toxicology*, 8(2), 65–67. DOI: <https://doi.org/10.1515/intox-2015-0010>
- Mehrpour, O., Jafarzadeh, M., & Abdollahi, M. (2012). A Systematic Review of Aluminium Phosphide Poisoning. *Arhiv Za Higijenu Rada i Toksikologiju*, 63(1), 61–72. DOI: <https://doi.org/10.2478/10004-1254-63-2012-2182>
- Opit, G. P., Phillips, T. W., Aikins, M. J., & Hasan, M. M. (2012). Phosphine Resistance in *Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica* from Stored Wheat in Oklahoma. *Journal of Economic Entomology*, 105(4), 1107–1114. DOI: <https://doi.org/10.1603/EC12064>
- Pant, H., & Tripathi S. (2012). Evaluation of Aluminum Phosphide Against Wood-Destroying Insects. *Journal of Economic Entomology*, 105(1), 135-139
- Rajendran, S. (2016). Status of fumigation in stored grains in India. *Indian Journal of Entomology*, 78(special), 28. DOI: <https://doi.org/10.5958/0974-8172.2016.00022.5>
- Rajendran S., & Gunasekaran N. (2002). The response of phosphine-resistant lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* and rice weevil *Sitophilus oryzae* in mixed-age. cultures to varying concentrations of phosphine. *Pest Management Science*, 58(3), 277-281

- Su, L., Adam, B. D., Arthur, F. H., Lusk, J. L., & Meullenet, J. F. (2019). The economic effects of *Rhyzopertha dominica* on rice quality: Objective and subjective measures. *Journal of Stored Products Research*, 84, 101505. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.08.002>
- Shakeri, S & Mehrpour O. (2015). Aluminum Phosphide Poisoning in Animals. *Internasional Journal of Medical Toxicology and Forensic Medicine*, 5 (2), 81-97.
- Soekarna. 1982. *Seranga-serangga gudang dan pengendaliannya*. Direktora Perlindungan Tanaman Pangan. Bogor.
- Tarumingkeng RC. 1992. *Insektisida: Sifat, mekanisme kerja, dan dampak penggunaannya*. Penerbit: Ukrida. Jakarta.