

**PENGARUH SERBUK DAUN JERUK PURUT (*Citrus hystrix* DC.) DAN DAUN SIRSAK (*Annona muricata* L.) SEBAGAI SENYAWA VOLATIL TERHADAP MORTALITAS HAMA GUDANG (*Sitophilus oryzae* L.) PADA BERAS**

*Effect of Kaffir Lime (Citrus hystrix DC.) and Soursop (Annona muricata L.) Leaves Powder as Volatile Compounds Against Mortality of Warehouse Pest (Sitophilus oryzae L.) on Rice*

**Linda Yuliani<sup>1\*</sup>, Moch. Wildan Jadmiko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Progam Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

<sup>2</sup>Program Studi Ilmu Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

\*E-mail: lindayulianii88@gmail.com

**ABSTRACT**

Rice is an important commodity for Indonesia which is used as a staple food. Rice that is stored for a long time causes a decrease in quality and quantity. One of the factors that cause it is a warehouse pest insect. The main rice warehouse pest is *Sitophilus oryzae*. Rice damage caused by *S. oryzae* can reach around 10-65% under medium storage conditions, and up to 80% in long storage conditions. One of the natural ingredients of vegetable insecticides is kaffir lime leaf (*C. hystrix*) and soursop leaf (*A. muricata*). This study aimed to determine the effect of giving kaffir lime leaf powder and soursop leaf to mortality, increase in the number of *S. oryzae* adults, damage and weight loss of rice. The research method used a completely randomized design (CRD) with 6 treatments with 4 replications. The treatments consisted of control, 10 grams of kaffir lime leaf powder, 10 grams of soursop leaf powder, 5 grams of kaffir lime leaf powder + 5 grams of soursop leaf powder, 7.5 grams of kaffir lime leaf powder + 2.5 grams of soursop leaf powder, and 7.5 grams of soursop leaf powder + 2.5 grams of kaffir lime leaf powder. Observational data were analyzed using *analysis of variance* (ANOVA) 0.05 and if they were significantly different, further test of DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) 0.05 was performed. The results showed that the best treatment was in the treatment of 10 grams of kaffir lime leaf powder/100 grams of rice (A1) with a mortality of 67.5% and an increase in the number of adults as many as 14 tails. The best treatment in reducing the risk of rice weight loss was in the treatment of 10 grams of kaffir lime leaf powder/100 grams of rice (A1) with a weight loss percentage of 2.47%.

**Keywords:** rice, *S. oryzae*, and botanical insecticide

**ABSTRAK**

Beras merupakan komoditas penting bagi negara Indonesia yang digunakan sebagai bahan makanan pokok. Beras yang disimpan dalam waktu lama menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas. Salah satu faktor yang menyebabkannya adalah serangga hama gudang. Hama gudang utama beras adalah *Sitophilus oryzae*. Kerusakan beras akibat *S. oryzae* dapat mencapai sekitar 10-65% dalam kondisi penyimpanan sedang, dan dalam kondisi penyimpanan yang lama mencapai 80%. Salah satu bahan alami insektisida nabati yaitu daun jeruk purut (*C. hystrix*) dan daun sirsak (*A. muricata*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serbuk daun jeruk purut dan daun sirsak sebagai senyawa volatil terhadap mortalitas, penambahan jumlah imago *S. oryzae*, kerusakan dan susut bobot beras. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan sebanyak 4 ulangan. Perlakuan tersebut terdiri dari kontrol, 10 gram serbuk daun jeruk purut, 10 gram serbuk daun sirsak, 5 gram serbuk daun jeruk purut+5 gram serbuk daun sirsak, 7,5 gram serbuk daun jeruk purut+2,5 gram serbuk daun sirsak, dan 7,5 gram serbuk daun sirsak+2,5 gram serbuk daun jeruk purut. Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis keragaman (ANOVA)  $\alpha$  0,05 dan apabila berbeda nyata, maka dilakukan uji lanjut DMRT (*Duncan Multiple Range Test*)  $\alpha$  0,05. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan 10 gram serbuk daun jeruk purut/100 gram beras (A1) dengan mortalitas sebesar 67,5% dan penambahan jumlah imago sebanyak 14 ekor. Perlakuan yang paling baik dalam mengurangi resiko susut bobot beras terdapat pada perlakuan 10 gram serbuk daun jeruk purut/100 gram beras (A1) dengan persentase susut bobot sebesar 2,47%.

**Kata kunci:** beras, *S. oryzae*, dan insektisida nabati

## PENDAHULUAN

Beras merupakan komoditas penting bagi negara Indonesia yang digunakan sebagai bahan makanan pokok. Berdasarkan data BPS (2021), konsumsi makanan berbasah baku padi masyarakat Indonesia pada tahun 2020 mencapai 31,69 juta ton. Beras yang disediakan secara nasional tidak langsung didistribusikan secara keseluruhan, tetapi perlu untuk disimpan guna menjaga suplay ketersediaan beras. Selain itu, untuk pendistribusian beras agar dapat sampai ke tangan konsumen harus melalui Badan Urusan Logistik (BULOG). Beras yang disimpan dalam waktu lama dapat menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas. Beberapa faktor yang menyebabkannya antara lain penanganan pascapanen yang kurang tepat, aktivitas mikroorganisme, dan gangguan OPT serangga hama gudang. Hama gudang utama pada beras adalah *Sitophilus oryzae*.

Kumbang beras (*S. oryzae*) adalah serangga polifag dan hama kosmopolitan yang merusak sereal dan bahan pangan yang disimpan. *S. oryzae* disebut sebagai hama gudang primer yang banyak menyerang komoditas beras. *S. oryzae* juga merupakan hama pada biji – bijian yang tersebar di seluruh Asia Tenggara dan mendapatkan perhatian di wilayah lain (Nguyen *et al.*, 2015). Berdasarkan penelitian Hong *et al.* (2018), ditemukan pertama kali di Korea bahwa perkembangan *S. oryzae* resisten terhadap fosfin. Keberadaan *S. oryzae* pada komoditas beras menyebabkan beberapa kerugian lainnya dalam penyimpanan seperti kehilangan berat dan penurunan kualitas yang menyebabkan kerugian secara ekonomis.

Kerusakan yang disebabkan oleh serangga hama ini adalah beras menjadi kotor, berbau apek, terdapat bekas gerakan dan penurunan mutu. Serangan *S. oryzae* secara terus menerus menyebabkan beras menjadi bubuk tepung dan sebagian beras masih utuh dengan terdapat banyak lubang (Rahman dkk., 2021). Selain itu, beras yang dirusak oleh *S. oryzae* akan terlihat lubang – lubang kecil, mudah pecah dan berbentuk seperti bubuk akibat gerakan hama. Menurut Hendrival dan Muetia (2016), bahwa kerusakan beras akibat *S. oryzae* antara lain penurunan bobot dan berkurangnya kandungan nutrisi beras. Berdasarkan penelitian Phillips and Throne (2010), *S. oryzae* dapat menyebabkan kerusakan dengan kisaran 9% di negara maju dan 20% atau lebih di negara berkembang dari keseluruhan produksi pascapanen. Kerusakan beras yang disebabkan oleh serangga hama *S. oryzae* dapat mencapai sekitar 10-65% dalam kondisi penyimpanan sedang, dan dalam kondisi penyimpanan yang lama mencapai 80% (Mehta *et al.*, 2021). Adanya hal tersebut, diperlukan suatu pengendalian terhadap hama gudang (*S. oryzae*) guna meminimalisir terjadinya serangan dan kerusakan yang berat pada beras.

Pengendalian yang dilakukan untuk mengendalikan hama gudang umumnya masih menggunakan pengendalian kimiawi berupa aplikasi pestisida sintetik. Penggunaan pestisida sintetik ataupun fumigasi secara berlebihan dapat menyebabkan dampak negatif. Penggunaan pestisida sintetik secara berlebihan juga menyebabkan masalah lingkungan yang serius dan bahaya keamanan pangan (Zhang *et al.*, 2016). Penggunaan pestisida sintetik juga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, tanah, air, dan udara. Bahan kimia pestisida diyakini juga menyebabkan gangguan pada manusia dan satwa liar (Sabarwal *et al.*, 2018). Penggunaan pestisida sintetik perlu untuk diminimalisir dengan menggunakan alternatif yang lebih aman terhadap lingkungan, salah satunya adalah pengendalian hayati menggunakan pestisida nabati.

Menurut Aidah dkk. (2020), pestisida nabati adalah pestisida yang berbahan aktif dari alam berupa tumbuhan. Pestisida nabati juga diartikan sebagai senyawa kimia yang terbuat dari tumbuhan dan digunakan dalam mengendalikan OPT seperti hama, penyakit, dan gulma (Nurpadilah, 2021). Pestisida nabati ini bersifat racun terhadap OPT, tetapi tidak berbahaya bagi tanaman. Pestisida nabati memiliki beberapa kelebihan antara lain bahan baku tersedia di lingkungan sekitar, tidak mencemari lingkungan, dan aman bagi manusia. Insektisida nabati dalam membunuh atau mengganggu serangan hama dan penyakit memiliki cara kerja yang unik yaitu melalui perpaduan berbagai cara atau secara tunggal (Rusdi dkk., 2017). Tumbuhan yang dapat digunakan sebagai bahan pestisida

nabati yaitu jeruk purut dan sirsak.

Berdasarkan penelitian Adrianto dkk. (2014), menunjukkan bahwa daun jeruk purut mengandung senyawa bioaktif seperti alkaloid, flavonoid, steroid, saponin, minyak atsiri, dan terpen yang bekerja sebagai racun kontak, racun pernafasan, racun syaraf dan racun perut. Daun jeruk purut ini memiliki bau dan aroma yang tidak sedap dan berpotensi sebagai insektisida terhadap serangga. Daun jeruk purut memiliki kandungan komponen kimia seperti komponen utama berupa I-sitronelal sebesar 81,49% dan sitronelol sebesar 8,22% (Saada dkk., 2020). Tanaman sirsak mengandung senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, saponin, terpenoid, fenol, tanin, dan flavonoid berdasarkan uji fitokimia (Tiencheu *et al.*, 2021 ; mayang dkk., 2021). Penelitian daun jeruk purut (*C. hystrix*) dan daun sirsak (*A. muricata*) sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti, tetapi masih terbatas pada penggunaan salah satu jenis dari tumbuhan sebagai racun kontak dan perut. Insektisida nabati yang langsung bercampur dengan beras dapat menyebabkan penurunan kualitas dari beras. Oleh karena itu, penelitian menggunakan senyawa volatil dengan kemasan kantong teh ini perlu untuk dilakukan agar kualitas beras tetap terjaga. Selain itu, penggunaan dua jenis tumbuhan sebagai bahan baku insektisida nabati diharapkan mampu mengurangi ketergantungan terhadap satu jenis tumbuhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serbuk daun jeruk purut dan daun sirsak sebagai senyawa volatil terhadap mortalitas, pertambahan jumlah imago *S. oryzae*, kerusakan dan susut bobot beras.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai April 2022 di Laboratorium Hama Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mikroskop, toples plastik, kertas label, saringan atau ayakan, kuas, timbangan, blender, nampan, alat pengukur kadar air, kain sifon, karet gelang, kantong teh celup, tabel pengamatan, kamera, dan alat tulis. Bahan yang digunakan yaitu daun jeruk purut (*C. hystrix* DC.), daun sirsak (*A. muricata*), dan beras varietas Ciherang.

### Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan sebanyak 4 kali ulangan. Perlakuan terdiri dari: A0 (kontrol), A1 (10 gram serbuk daun jeruk purut), A2 (10 gram serbuk daun sirsak), A3 (5 gram serbuk daun jeruk purut + 5 gram serbuk daun sirsak), A4 (7,5 gram serbuk daun jeruk purut + 2,5 gram serbuk daun sirsak), dan A5 (7,5 gram serbuk daun sirsak + 2,5 gram serbuk daun jeruk purut).

### Persiapan Penelitian

#### 1. Persiapan Beras

Beras yang digunakan dalam penelitian adalah beras dengan varietas Ciherang. Beras varietas Ciherang merupakan beras yang rentan terhadap serangan hama *S. oryzae*. Berdasarkan penelitian Syahrullah dkk (2019), menunjukkan bahwa pada perlakuan beras Ciherang terdapat jumlah imago *S. oryzae* paling tinggi dibandingkan dengan varietas lainnya yaitu sebesar 987 ekor dengan tingkat kerusakan beras mencapai 25,65%. Beras diperoleh dari petani yang memiliki benih padi Ciherang digiling, sehingga kemungkinan tidak terdapat hama *S. oryzae*. Selain itu, pada saat persiapan beras juga dipilih kualitas

beras yang tidak terdapat gejala kerusakan akibat *S. oryzae* seperti bekas gerkakan. Beras yang akan digunakan, sebelumnya diukur kadar airnya hingga mencapai 13-14%.

2. Persiapan serangga uji *S. oryzae*

*S. oryzae* dikembangbiakkan pada toples plastik dengan menggunakan jenis pakan beras. Pembiakkan dilakukan sesuai siklus hidup dari *S. oryzae* selama kurang lebih 4 minggu. Rearing atau pembiakkan dilakukan dengan cara memilih serangga imago jantan dan betina. Perbedaan spesies jantan dan betina dapat diketahui dari ukuran tubuh dan bentuk rostrumnya. Pemeliharaan *S. oryzae* dengan mengacu pada prosedur dan modifikasi Hendrival dkk. (2017), yaitu imago hama *S. oryzae* yang telah diperoleh dimasukkan ke dalam toples pemeliharaan yang telah berisi beras sebanyak 250 gram dengan populasi 50 pasang imago *S. oryzae*. Toples yang digunakan untuk pemeliharaan dilengkapi kain sifon/kasa sebagai aerasi dan pinggiran penutup diberi karet pengikat. Toples plastik selanjutnya disimpan pada tempat yang sesuai.

Tahap selanjutnya adalah pengayakan. Pengayakan dilakukan setelah masa infestasi selesai, hal ini bertujuan untuk memisahkan antara beras dengan 50 pasang imago *S. oryzae*. Media beras disimpan hingga muncul imago baru. Imago *S. oryzae* diinfestasi kembali dalam toples yang berisikan beras baru untuk pemeliharaan lebih lanjut dan untuk mendapatkan umur yang seragam dari imago *S. oryzae*. Imago *S. oryzae* yang digunakan dalam penelitian adalah imago yang telah memiliki kedewasaan kawin dan secara maksimal mampu memproduksi telur yaitu berumur 7-15 hari (Hendrival dan Melinda, 2017; Hendrival dan Muetia, 2016). Setelah mendapatkan imago dari hasil perbanyakan, selanjutnya dilakukan pemisahan antara *S. oryzae* jantan dan betina untuk diberi perlakuan.

3. Persiapan Pestisida Nabati

Serbuk pestisida nabati yang digunakan dalam penelitian adalah daun jeruk purut dan daun sirsak. Langkah pertama yaitu mencuci kedua jenis daun untuk menghilangkan kotoran yang menempel. Selanjutnya daun dikeringanginkan selama beberapa hari.

**Pelaksanaan Penelitian**

1. Pembuatan Serbuk Pestisida Nabati dan Aplikasi

Beras yang akan digunakan, sebelumnya diukur kadar airnya hingga mencapai 13-14%. Selanjutnya beras ditimbang sebanyak 100 gram. Bahan pestisida nabati yang telah dikeringanginkan kemudian dihaluskan dengan menggunakan blender dan diayak untuk mendapatkan serbuk pestisida nabati. Keseluruhan jenis pestisida nabati yang berbentuk serbuk, ditimbang sesuai masing – masing perlakuan dan banyaknya ulangan. Serbuk pestisida nabati yang telah ditimbang, dimasukkan ke dalam kantong teh celup sesuai masing – masing perlakuan dan banyaknya ulangan. Kemudian beras varietas Ciherang yang telah ditimbang dan kantong teh yang berisi serbuk pestisida nabati dimasukkan ke dalam toples yang telah berisi *S. oryzae* sebanyak 10 ekor (5 pasang) pada masing – masing perlakuan. Tiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali. Toples plastik ditutup dan diberi lubang aerasi menggunakan kain sifon, selanjutnya diikat dengan menggunakan karet gelang. Toples yang telah berisi pestisida nabati, beras, dan *S. oryzae* selanjutnya disimpan pada tempat yang sesuai.



2. Pengamatan

Pengamatan dilakukan dengan interval pengamatan mortalitas hama, penambahan jumlah imago, gejala kerusakan dan susut bobot beras.

**Parameter Pengamatan**

Adapun parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah mortalitas hama *S. oryzae*, penambahan jumlah populasi imago, gejala kerusakan dan susut bobot beras.

1. Mortalitas Hama *S. oryzae*

Menurut Subagiya dkk. (2018), mortalitas merupakan kematian pada hama yang dapat disebabkan karena beberapa hal salah satunya penggunaan insektisida nabati. Pengamatan mortalitas *S. oryzae* dilakukan pada 24, 48, 72, 96, dan 120 JSA. Persentase mortalitas dapat dihitung dengan menggunakan rumus dari Abdelatti and Hartbauer (2020):

$$(PM) = \frac{\text{Jumlah hama mati}}{\text{Jumlah hama yang diamati}} \times 100\%$$

2. Pertambahan jumlah imago *S. oryzae* (ekor)

Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah imago hama *S. oryzae* yang muncul pada masing-masing perlakuan pada 40 hari setelah aplikasi (HSA).

3. Gejala kerusakan dan susut bobot beras

Gejala kerusakan beras ditandai dengan adanya lubang kecil pada beras dan adanya beras yang berbentuk tepung akibat gerkakan hama *S. oryzae*. Selain itu, pada butir beras juga terdapat alur berwarna putih yang tak beraturan. Penghitungan susut bobot beras dilakukan pada 40 hari setelah aplikasi (HSA) pestisida nabati. Cara yang dilakukan dengan pengayakan menggunakan ayakan untuk memisahkan beras dengan *S. oryzae*. Hasil ayakan beras selanjutnya ditimbang menggunakan timbangan digital. Perhitungan susut bobot menggunakan rumus dari Choudhury and Chakraborty (2014) sebagai berikut:

$$\text{Susut Bobot} = \frac{\text{Berat beras awal} - \text{berat beras akhir}}{\text{Berat beras awal}} \times 100\%$$

**Analisis Data**

Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis keragaman (ANOVA) atau *Analysis of Variance*  $\alpha$  0,05 dan apabila berbeda nyata, maka dilakukan uji lanjut DMRT atau *Duncan Multiple Range Test*  $\alpha$  0,05 (Thakuanthung et al., 2019).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil**

1. Mortalitas Hama *S. oryzae*

Berdasarkan hasil penghitungan analisis keragaman (Anova) nilai F hitung mortalitas hama adalah 52,24 dan lebih besar dibandingkan dengan F tabel 5% dan 1% sebesar 2,77 dan 4,25. Berdasarkan hasil uji Anova, pengamatan pada 24 JSA menunjukkan bahwa pada kontrol tidak berbeda nyata dengan seluruh perlakuan. Berdasarkan hasil uji DMRT 5%, bahwa pengamatan 48 JSA hingga 120 JSA terdapat perbedaan antar perlakuan, yaitu pada kontrol berbeda sangat nyata dengan keseluruhan perlakuan lainnya. Perlakuan 10 gram serbuk daun jeruk purut (A1) menjadi perlakuan yang menyebabkan mortalitas tertinggi hingga pengamatan 120 JSA yaitu sebesar 67,5%. Perlakuan yang menyebabkan mortalitas cukup baik setelah perlakuan A1 yaitu perlakuan campuran 7,5 gram daun jeruk purut dan 2,5 gram daun sirsak (A4) sebesar 62,5% pada 120 JSA. Persentase mortalitas cukup baik juga

terdapat pada perlakuan campuran 5 gram daun jeruk purut dan 5 gram daun sirsak (A3) yaitu sebesar 55%. Hasil perhitungan Anova berbeda sangat nyata sehingga perlu dilakukan uji lanjut DMRT yang dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Pengaruh pestisida nabati terhadap mortalitas hama *S. oryzae*

Perlakuan	Mortalitas hama <i>S. oryzae</i> (%) pada Jam Setelah Aplikasi (JSA)				
	24	48	72	96	120
A0	0	0 a	0 a	0 a	0 a
A1	5	27,5 d	47,5 d	62,5 d	67,5 d
A2	0	7,5 b	30 bc	40 bc	45 bc
A3	0	17,5 c	32,5 c	45 c	55 c
A4	2,5	22,5 cd	45 d	57,5 d	62,5 cd
A5	0	10 b	25 b	37,5 b	37,5 b

\*nilai yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf 5% berdasar *Duncan Multiple Range Test* (DMRT)

### 2. Pertambahan Jumlah Imago *S. oryzae*

Pertambahan jumlah imago dapat terjadi karena adanya proses perkembangbiakan yang terjadi pada *S. oryzae* pada sampel sehingga terbentuk jumlah individu baru. Hasil analisis pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa pada kontrol dengan perlakuan lainnya berbeda sangat nyata. Pertambahan jumlah imago paling tinggi terdapat pada kontrol dengan rata-rata sebesar 45,25 ekor. Perlakuan yang memiliki rata-rata pertambahan jumlah imago paling sedikit adalah perlakuan 10 gram daun jeruk purut (A1) yaitu hanya sebesar 14 ekor. Perlakuan A3 menunjukkan tidak berbeda nyata dengan perlakuan A4 yang hanya memiliki selisih rerata 2,75 ekor, dan perlakuan A2 juga tidak berbeda nyata dengan perlakuan A5. Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan 10 gram daun jeruk purut (A1) adalah perlakuan yang paling baik dalam menekan pertambahan jumlah imago *S. oryzae*. Perlakuan campuran 7,5 gram daun jeruk purut dan 2,5 gram daun sirsak merupakan perlakuan paling baik kedua setelah A1 dengan rata-rata pertambahan jumlah imago 20 ekor.

Tabel 2 Pertambahan jumlah imago *S. oryzae* (ekor)

Perlakuan	Rata-rata jumlah imago <i>S. oryzae</i> (ekor)
A0	45,25 e
A1	14 a
A2	29,25 c
A3	22,75 b
A4	20 b
A5	30,5 cd

\*nilai yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf 5% berdasar *Duncan Multiple Range Test* (DMRT)

### 3. Gejala Kerusakan dan Susut Bobot Beras

Berdasarkan hasil *analysis of variance* (Anova), nilai Fhitung pada susut bobot adalah 40,17. Nilai Fhitung ini lebih besar daripada F tabel 5% dan 1% yaitu 2,77 dan 4,25. Nilai susut bobot beras berkaitan erat dengan gejala kerusakan yang disebabkan oleh hama *S. oryzae*. Hasil analisis pada tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan A0 (kontrol) berbeda sangat nyata dengan keseluruhan perlakuan lainnya. Persentase kehilangan bobot tertinggi terjadi pada kontrol sebesar 6,75% atau setara dengan 6,75 gram susut bobot. Perlakuan yang memiliki susut bobot paling rendah adalah perlakuan 10 gram daun jeruk purut (A1) yaitu hanya sebesar 2,47%. Perlakuan campuran 7,5 gram daun jeruk purut dan 2,5 gram daun sirsak (A4) merupakan perlakuan yang baik kedua dengan persentase kehilangan susut bobot beras hanya 2,78% dari berat awal dan memiliki perbedaan persentase sebesar 0,31% dengan perlakuan 10 gram daun jeruk purut (A1).

Tabel 3. Susut bobot beras akibat hama *S. oryzae*

Perlakuan	Susut bobot beras (%) pada Hari Setelah Aplikasi (HSA)
A0	6,75 e
A1	2,47 a
A2	3,93 cd
A3	3,46 bc
A4	2,78 ab
A5	4,14 d

\*nilai yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata

## Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hama *S. oryzae* yang mengalami kematian pada pengamatan 24 JSA terjadi pada perlakuan 10 gram daun jeruk purut (A1) sebesar 5% dan campuran 7,5 gram daun jeruk purut dan 2,5 gram daun sirsak (A4) sebesar 2,5%. Perlakuan lain belum mengalami mortalitas pada 24 JSA, hal ini dikarenakan pada pengamatan di jam tersebut pestisida nabati daun jeruk purut dan daun sirsak belum menguap seperti pada perlakuan A1 dan A4, sehingga hama *S. oryzae* belum mengalami kematian dan masih dapat bertahan hidup. Hal ini sesuai pernyataan Saada dkk. (2020), bahwa perlakuan yang tidak berpengaruh terhadap mortalitas *S. oryzae* dapat disebabkan oleh daun jeruk purut yang belum menguap dan bercampur dengan udara yang menyebabkan *S. oryzae* masih hidup dan belum adanya kontaminasi insektisida nabati yang dihirup oleh serangga melalui saluran pernafasan.

Berdasarkan hasil penelitian, bahwa 10 gram serbuk daun jeruk purut paling berpengaruh terhadap mortalitas *S. oryzae*, hal ini sesuai dengan pernyataan Hasyim dkk. (2014), bahwa kandungan aktif dalam daun jeruk purut menimbulkan aroma yang dapat digunakan sebagai bahan insektisida. Daun sirsak juga mengandung senyawa acetogenin yang dikeluarkan dalam bentuk aroma juga dapat mempengaruhi mortalitas hama *S. oryzae*. Senyawa acetogenin ini memberikan efek sebagai antifeedant dan masuk ke dalam tubuh serangga melalui pernafasan dan mengganggu sistem syaraf (Moniharapon dkk., 2015). Menurut Fernando dan Karunaratne (2013), senyawa volatil yang mengalami penguapan dapat menyebabkan gangguan fungsi fisiologis dari hama *S. oryzae* dengan cara masuk melalui spirakel sehingga mengganggu pernafasan dan menyebabkan kematian hama *S. oryzae*. Mortalitas *S. oryzae* disebabkan oleh bahan insektisida nabati yang sebagian besar tindakan fumigannya dapat menembus tubuh serangga melalui sistem pernafasan atau *inhalation system* (Rani *et al.*, 2019; Chaubey, 2018).

Ruang yang digunakan untuk tempat hidup oleh *S. oryzae* dipenuhi oleh bau minyak atsiri dari insektisida nabati, sehingga hama kekurangan oksigen dan mengalami kematian. Pernyataan tersebut sesuai dengan Jayakumar *et al.* (2017), bahwa senyawa volatil dengan bau yang menyengat dari insektisida nabati juga dapat masuk melalui kutikula atau spirakel yang menyebabkan pertukaran gas mengalami gangguan berupa respirasi, sehingga serangga mengalami sesak nafas dan akhirnya mati. Perlakuan sirsak menyebabkan gangguan pernafasan pada hama *S. oryzae* yang mengakibatkan serangga kekurangan oksigen, sehingga pada bagian spirakel terus membuka dan serangga terlihat tidak aktif bergerak dan kemudian mati (Lihawa dan Toana, 2017). Senyawa sitronela daun jeruk purut juga dapat menyebabkan serangga mengalami dehidrasi dan sesak nafas akibat kurangnya cairan (Safitri dan Asngad, 2020).

Insektisida nabati yang bekerja secara fumigan selain menyebabkan gangguan pada sistem pernafasan juga dapat mengganggu sistem saraf pada serangga. Aktivitas fumigan dari ekstrak daun jeruk purut dapat menyebabkan gangguan sistem pernafasan dan meningkatkan aktivitas saraf sensorik yang tinggi akibatnya beberapa sistem tubuh serangga terganggu sehingga serangga mengalami kematian (Ikawati *et al.*, 2017). Kematian serangga dapat disebabkan adanya senyawa minyak atsiri daun jeruk purut dan senyawa acetogenin daun sirsak yang dapat mengganggu sistem saraf serangga sehingga impuls saraf menjadi tidak berjalan normal. Penetrasi senyawa dalam mekanismenya diawali dengan senyawa insektisida nabati yang menembus membran sel, kemudian reseptor asetilkolin diikat pada sambungan saraf otot sehingga menyebabkan saraf tertarik dan saraf menjadi rusak atau tidak berfungsi yang berujung pada kematian (Seftia dkk., 2021; Soekanto dkk., 2019). Kandungan senyawa insektisida nabati yang secara berlebihan masuk ke dalam tubuh diduga dapat menyebabkan kerja dari enzim asetilkolinesterase terhambat. Menurut Korey dkk. (2020), bahan aktif yang saling berikatan dengan asetilkolinesterase dapat menyebabkan aktivitas asetilkolinesterase menurun atau kadar asetilkolin akan mengalami peningkatan sehingga impuls saraf secara terus menerus akan ditransmisi dan terjadi kejang-kejang, lemah dan mengakibatkan kematian. Mortalitas hama *S. oryzae* akibat insektisida nabati dapat ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Gejala mortalitas hama *S. oryzae*

Hama *S. oryzae* yang diberi perlakuan insektisida nabati dalam pergerakannya akan melemah dan melambat. Hal ini diduga karena serbuk insektisida nabati memiliki kandungan racun yang menghambat lubang pernafasan serangga sehingga menyebabkan kematian. Pernyataan tersebut sesuai dengan Hendriwal dkk. (2017), bahwa serbuk tumbuhan dapat masuk dan menutupi alat pernafasan yang mengakibatkan dehidrasi sehingga tubuh menjadi lemah hingga akhirnya mati. Gejala *S. oryzae* yang mengalami kematian yaitu tubuh terbaring ke samping dan tampak kaku dengan bagian kaki serangga menekuk ke bagian atas tubuh. Kondisi kematian imago *S. oryzae* memiliki ciri-ciri warna tubuh mengalami perubahan menjadi kehitaman, kaki menempel pada tubuh, dan tubuh tampak mengeras (Moniharapon dkk., 2015; Korey dkk., 2020). *S. oryzae* yang telah mengalami kematian pada bagian antena atau reseptor akan turun ke bawah, bagian tungkai menekuk ke dalam, dan posisi tubuh dalam keadaan terbalik (Zumaidar dkk., 2019).

Persentase mortalitas tertinggi hingga akhir pengamatan penelitian terjadi pada perlakuan 10 gram daun jeruk purut yakni pada 120 JSA sebesar 67,5%. Insektisida nabati campuran 7,5 gram serbuk daun jeruk purut dan 2,5 gram serbuk daun sirsak memiliki persentase mortalitas sebesar 62,5%. Hasil persentase mortalitas campuran insektisida nabati serbuk daun jeruk purut dan daun sirsak lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan tunggal serbuk daun jeruk purut. Hal ini membuktikan bahwa campuran insektisida nabati ini bersifat antagonisme karena menurunkan tingkat efektivitasnya dibandingkan dengan perlakuan insektisida nabati secara tunggal. Kandungan senyawa dalam daun jeruk purut lebih mematikan dibandingkan dengan daun sirsak atau campuran antar keduanya, hal ini dapat disebabkan kandungan senyawa dalam daun jeruk purut lebih menimbulkan bau menyengat dan berpengaruh terhadap *S. oryzae* dibandingkan dengan daun sirsak (acetogenin).

Dhakshinamoorthy and Selvanarayanan (2020), menyatakan bahwa kandungan senyawa yang bersifat sinergis atau antagonis, perbedaan formulasi, suhu, dan asal tanaman dapat mempengaruhi kemampuan efikasi suatu pestisida.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan serbuk daun jeruk purut dan daun sirsak berpengaruh nyata terhadap tingkat pertumbuhan populasi hama *S. oryzae* dibandingkan dengan kontrol. Tingkat penambahan jumlah imago *S. oryzae* tertinggi terdapat pada perlakuan A0 (kontrol/tanpa perlakuan) sebanyak 45,25 ekor dan tingkat penambahan jumlah imago paling rendah terdapat pada perlakuan 10 gram serbuk daun jeruk purut (A1) yang hanya berjumlah 14 ekor. Hama *S. oryzae* yang diberi perlakuan dalam peletakan telur dan perkembangannya mampu dihambat oleh senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam bahan pestisida nabati. Namun, pada setiap perlakuan hingga 40 hari masih menghasilkan penambahan jumlah imago *S. oryzae*, hal ini diduga karena *S. oryzae* masih mampu bertahan dan mentolerir bahan aktif berupa minyak atsiri dan acetogenin. Dadang dan Prijono (2008) menyatakan bahwa kemampuan metabolik serangga mempengaruhi kepekaan serangga terhadap senyawa bioaktif sehingga memiliki kemampuan dalam menguraikan bahan racun yang terdapat dalam tubuhnya.

Selain itu, adanya penambahan jumlah imago *S. oryzae* juga dapat disebabkan karena hilangnya kandungan senyawa yang terdapat dalam serbuk pestisida nabati daun sirsak dan daun jeruk purut saat disimpan hingga 40 hari. Menurut Sartika dkk. (2019), bahwa berkurangnya kandungan senyawa metabolit sekunder dalam serbuk pestisida nabati akibat adanya proses penguapan sehingga mempengaruhi penambahan jumlah imago *S. oryzae*. Khasanah *et al.* (2015) juga menyatakan bahwa akibat adanya proses penguapan, oksidasi, dan resinifikasi menyebabkan berkurangnya beberapa komponen yang terdapat dalam minyak atsiri pada daun apabila disimpan. Dengan demikian, dalam aplikasi serbuk pestisida nabati terhadap *S. oryzae* sebaiknya dilakukan secara berulang.

Pertambahan jumlah imago *S. oryzae* juga dapat dipengaruhi oleh jumlah mortalitas *S. oryzae* yang menunjukkan bahwa semakin tinggi mortalitas hama menyebabkan jumlah hama yang hidup semakin sedikit sehingga semakin sedikit pula penambahan jumlah imago. Pendapat tersebut sesuai dengan pernyataan Sari dan Salbiah (2020), bahwa penambahan individu yang sedikit dapat disebabkan karena jumlah individu yang hidup sedikit akibatnya telur yang diletakkan oleh serangga juga sedikit. Jumlah imago yang rendah dapat menyebabkan rendahnya kemampuan dalam peletakan telur dan jumlah telur yang menetas menjadi individu baru akan semakin sedikit (Hasnah dan Hanif, 2010).

Penggunaan serbuk pestisida nabati dapat mengurangi resiko terjadinya kerusakan dan susut bobot pada beras. Serangga *S. oryzae* pada beras menyebabkan kerusakan beras berupa bulir beras terdapat bekas gerakan hama yang berwarna putih susu, beras tampak berlubang, dan serangan yang lebih lama menyebabkan beras menjadi serbuk halus seperti tepung. Pendapat tersebut sesuai dengan pernyataan Booroto *et al.* (2017), bahwa gejala putih mengapur yang tidak beraturan yang terdapat pada permukaan bulir beras disebabkan akibat aktivitas larva *S. oryzae* yang melakukan gerakan dari dalam beras. Berdasarkan hasil pengamatan, gejala kerusakan yang lebih parah terjadi pada kontrol (tanpa adanya perlakuan insektisida nabati) dibandingkan dengan perlakuan yang diberi serbuk daun jeruk purut dan daun sirsak. Tingginya gejala kerusakan pada kontrol dapat disebabkan oleh ketidadaannya insektisida nabati, sehingga tidak ada kandungan metabolit sekunder seperti minyak atsiri dan acetogenin yang menyebabkan



menurunnya daya selera makan hama (Saenong, 2016; Arimbawa dkk., 2018). Selain itu, *S. oryzae* yang tidak diberi perlakuan dapat dengan leluasa menggerek beras yang digunakan sebagai bahan pakan ataupun meletakkan telurnya, sehingga terjadi kerusakan beras. Gejala kerusakan beras akibat hama *S. oryzae* dapat ditunjukkan pada gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Gejala kerusakan beras akibat hama *S. oryzae*

Perlakuan tanpa insektisida nabati (kontrol) menunjukkan adanya beras yang berbentuk menjadi serbuk atau tepung dan bulir beras terdapat lubang kecil akibat bekas gigitan, sedangkan pada beras yang diberi perlakuan, beras hanya tampak berlubang. *S. oryzae* menyebabkan terjadinya gejala serangan yang diawali dengan terbentuknya beberapa lubang yang tak beraturan pada bagian permukaan beras akibat gigitan hama (Mastuti dkk., 2020). Kumar (2017) juga menyatakan bahwa serangan *S. oryzae* dapat menyebabkan kerusakan yang parah pada beras dan hanya akan tersisa pericarp bulir beras, sedangkan sisa massa dari bulir akan dimakan habis oleh hama.

Kerusakan beras akibat *S. oryzae* juga berpengaruh terhadap susut bobot beras. Persentase kerusakan biji beras yang rendah akan memperkecil terjadinya penyusutan bobot biji beras (Atikah dkk., 2018). Hal tersebut dikarenakan kerusakan biji beras semakin sedikit sehingga susut bobot yang ditimbulkan pun juga semakin rendah. Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 3 menunjukkan persentase susut bobot paling rendah terdapat pada perlakuan 10 gram serbuk daun jeruk purut (A1) sebesar 2,47% atau setara dengan 2,47 gram. Perlakuan kontrol yang merupakan perlakuan tanpa pemberian insektisida nabati memiliki persentase susut bobot beras paling tinggi sebesar 6,75%. Menurut Gvozdenac *et al.* (2020), bahwa *S. oryzae* dapat menyebabkan kerugian berupa susut bobot gandum sebesar 35,4% selama 50 hari infestasi. Persentase kehilangan beras ini juga dipengaruhi oleh lama waktu beras terinfestasi oleh *S. oryzae*, selain diakibatkan adanya pengaruh pemberian insektisida nabati.

Perlakuan dengan pemberian insektisida nabati menunjukkan kehilangan susut bobot yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Kehilangan susut bobot yang semakin sedikit menunjukkan bahwa bahan insektisida nabati yang digunakan efektif. Hal tersebut dapat terjadi karena pemberian insektisida nabati mempengaruhi nafsu makan, mengganggu metabolisme, dan memblokir spirakel serangga hama sehingga menyebabkan hama menjadi mati (Sokker *et al.*, 2012). Kerusakan dan susut bobot beras dapat dipengaruhi oleh mortalitas dan jumlah populasi hama. Mortalitas hama yang tinggi akan mengurangi resiko kerusakan dan susut bobot beras. Namun, kepadatan populasi hama yang tinggi akan mempengaruhi besarnya persentase kerusakan dan susut bobot beras. Susut bobot beras yang tinggi menunjukkan bahwa *S. oryzae* berpreferensi dalam konsumsi beras semakin banyak. Pendapat tersebut sesuai dengan pernyataan Hendriwal dan Melinda (2017), bahwa kepadatan populasi *S. oryzae* yang diinfestasikan semakin tinggi dapat menyebabkan semakin tinggi pula persentase kehilangan bobot dan persentase kerusakan beras berlubang akibat serangan *S. oryzae*. Jumlah populasi hama berkorelasi positif dengan hasil akhir bobot beras, populasi *S. oryzae* semakin banyak menyebabkan hasil akhir bobot beras menurun (Mahanani dan Inrianti, 2021; Rizal dkk., 2019).

## KESIMPULAN

1. Insektisida nabati serbuk daun jeruk purut dan daun sirsak sebagai senyawa volatil berpengaruh terhadap mortalitas dan pertambahan jumlah imago hama gudang (*S. oryzae*) pada beras. Perlakuan yang terbaik terdapat pada perlakuan 10 gram serbuk daun jeruk purut/100 gram beras (A1) dengan hasil mortalitas sebesar 67,5% dan pertambahan jumlah imago sebanyak 14 ekor.
2. Insektisida nabati serbuk daun jeruk purut dan daun sirsak sebagai senyawa volatil berpengaruh terhadap kerusakan dan susut bobot beras. Perlakuan yang paling baik dalam mengurangi resiko susut bobot beras terdapat pada perlakuan 10 gram serbuk daun jeruk purut/100 gram beras (A1) dengan persentase susut bobot sebesar 2,47%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelatti, Z.A.S., and M. Hartbauer. 2020. Plant Oil Mixtures as a Novel Botanical Pesticide to Control Gregarious Locusts. *Pest Science*, 93(1): 341–353.
- Adrianto, H., S. Yotopranoto, dan Hamidah. 2014. Efektivitas Ekstrak Daun Jeruk Purut (*Citrus hystrix*), Jeruk Limau (*Citrus amblycarpa*), dan Jeruk Bali (*Citrus maxima*) terhadap Larva *Aedes aegypti*. *Aspirator*, 6(1): 1-6.
- Aidah, S. N., dan Tim KBM Indonesia. 2020. *Cara Sempel Membuat Pestisida Organik*. Jogjakarta: Penerbit KBM Indonesia.
- Arimbawa, I. D. M., N. G. A. G. E. Martiningsih, dan C. Javandira. 2018. Uji Potensi Daun Sirsak (*Annona muricata* L) untuk Mengendalikan Hama Ulat Krop (*Crocidolomia pavonana* F). *Agrimeta*, 8(15):60–71.
- Arimbawa, I. D. M., N. G. A. G. E. Martiningsih, dan C. Javandira. 2018. Uji Potensi Daun Sirsak (*Annona muricata* L) untuk Mengendalikan Hama Ulat Krop (*Crocidolomia pavonana* F). *Agrimeta*, 8(15):60–71.
- Atikah, P. D., Subagiya, dan Sholahuddin. 2018. Toksisitas Biji *Annona squamosa* Terhadap *Sitophilus sp.* pada Beras. *Agrosains*, 20(1): 24-27.
- Badan Pusat Statistika. 2021. *Impor Beras Menurut Negara Asal Utama, 2000-2020*. Jakarta.
- Booroto, L. A., N. Goo, dan S. H. Noya. 2017. Populasi Imago *Sitophilus oryzae* L (Coleoptera: Curculionidae) pada Beberapa Jenis Beras Asal Desa Waimital Kecamatan Kairatu. *Budidaya Pertanian*, 13(1): 36-41.
- Chaubey, M. K. 2018. Study of Insecticidal Properties of *Trachyspermum ammi* and *Mentha arvensis* Essential Oils Against *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Current Life Sciences*, 4(1): 10-17.
- Choudhury, S. D., and K. Chakraborty. 2014. Observation on the Extent of Grain Weight Loss Due to the Infestation of *Sitophilus oryzae* in Five Selected Rice Cultivars. *Zoology*, 3(3) : 50–59.
- Dadang, dan D. Priyono. 2008. *Insektisida Nabati Prinsip, Pemanfaatan, dan Pengembangan*. Bogor: Departemen Proteksi Tanaman Institut Pertanian

- Bogor.
- Dhakshinamoorthy, G., and V. Selvanarayanan. 2020. Evaluation of Certain Natural Products Against Pulse Beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fabr) Infesting Stored Green Gram. *Insect Environment*, 8(1): 29-30.
- Fernando, H. S. D., and M. M. S. C. Karunaratne. 2013. Mella (*Olex zeylanica*) Leaves as an Eco-Friendly Repellent for Storage Insect Pest Management. *Tropical Forestry and Environment*, 3(1): 64-69.
- Gvozdenac, S., S. T. Tanaskovic, F. N. Vukajlovic, D. Prvulovic, Ovuka, Visacki, and Sedlar. 2020. Host and Ovipositional Preference of Rice Weevil (*Sitophilus oryzae*) Depending of Feeding Experience. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(5): 6663-6673.
- Hasnah dan U. Hanif. 2010. Efektivitas Ekstrak Bawang Putih Terhadap Mortalitas *Sitophilus zeamais* M. pada Jagung di Penyimpanan. *Floritek*, 5(1): 1-10.
- Hasyim, A., Setyawati, W., Jayanti, H., dan Krestini, E.H. 2014. Repelensi Minyak Atsiri Terhadap Hama Gudang Bawang *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) di Laboratorium. *Hortikultura*, 24(4): 336-345.
- Hendriyal, dan L. Melinda. 2017. Pengaruh Kepadatan Populasi *Sitophilus oryzae* (L.) Terhadap Pertumbuhan Populasi dan Kerusakan Beras. *Biospecies*, 10(1): 17-24.
- Hendriyal, dan R. Muetia. 2016. Pengaruh Periode Penyimpanan Beras Terhadap Pertumbuhan Populasi *Sitophilus oryzae* (L.) dan Kerusakan Beras. *Biogenesis*, 4(2): 95-101.
- Hendriyal, M. S. Ningsih, Chodirun, dan A. Wismawati. 2017. Toksisitas Insektisida Nabati dari Famili Astareaceae, Anacardiaceae, dan Euphorbiaceae Terhadap *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Biosains*, 3(1): 1-8.
- Hendriyal, M. S. Ningsih, Maryati, C. N. Putri, dan Nasrianti. 2017. Sinergisme Serbuk Daun *Ageratum conyzoides*, Rimpang *Curcuma longa*, dan *Zingiber officinale* terhadap *Sitophilus oryzae* L. *Agrovigor*, 10(2): 101-109.
- Hong, K. J., W. Lee, Y. J. Park, and J. O. Yang. 2018. First Confirmation of the Distribution of Rice Weevil, *Sitophilus oryzae*, in South Korea. *Asia-Pacific Biodiversity*, 11: 69-75.
- Ikawati, S., M. S. Dhuha, and T. Himawan. 2017. Bioactivity of *Citrus hystrix* D.C. Leaf Extract Against Cigarette Beetle *Lasioderma serricorne*. *Tropical Life Science*, 7(3): 189-196.
- Indriyani, I., I. Rahmayani, dan D. Wulansari. 2019. Upaya Pengendalian Hama Gudang *Sitophilus oryzae* L. dengan Penggunaan Pestisida Nabati. *Ilmiah Ilmu Terapan*, 3(2): 126-137.
- Jayakumar, M., S. Arivoli, R. Raveen, and S. Tennyson. 2017. Repellent Activity and Fumigant Toxicity of a Few Plant Oils Against the Adult Rice Weevil *Sitophilus oryzae* Linnaeus 1763 (Coleoptera: Curculionidae). *Entomology and Zoology Studies*, 5(2): 324-335.
- Khasanah, L. U., K. Kawiji, R. Utami, dan Y. M. Aji. 2015. Pengaruh Perlakuan Pendahuluan Terhadap Karakteristik Mutu Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut (*Citrus hystrix* DC). *Aplikasi Teknologi Pangan*, 4(2): 48-55.
- Korey, Y., J. A. Mendes, dan J. Sembiring. 2020. Pengujian Insektisida Nabati Terhadap Kumbang Beras (*Sitophilus oryzae* L.). *Agrotechnology Research*, 2(2): 90-99.
- Kumar, Ranjeet. 2017. *Insect Pests of Stored Grain: Biology Behaviour, and Management Strategies*. Apple Academic Press Inc. Oakville.
- Lihawa, Z., dan M. H. Toana. 2017. Pengaruh Konsentrasi Serbuk Majemuk Biji Srikaya dan Biji Sirsak terhadap Mortalitas Kumbang Beras *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) di Penyimpanan. *Agrotekbis*, 5(2): 190-195.
- Mahanani, A. U., dan Inrianti. 2021. Perbandingan Tumpukan Beras Bulog Terhadap Populasi Kutu Beras (*Sitophilus oryzae* L) dan Mutu Beras Selama Masa Simpan di Kabupaten Jayawijaya. *Ilmiah Pertanian*, 17(2): 86-92.
- Mastuti, R. D., Subagiya, dan R. Wijayanti. 2020. Serangan *Sitophilus oryzae* pada Beras dari Beberapa Varietas Padi dan Suhu Penyimpanan. *Agrosains*, 22(1): 16-20.
- Mayang, A., A. Abdul, dan R. Ariastuti. 2021. Uji Toksisitas Akut Infusa Daun Sirsak (*Annona muricata* L) pada Hewan Uji Mencit. *Farmasetis*, 10(1): 37-44.
- Mehta, V., S. Kumar, and Jayaram, C.S. 2021. Damage Potential, Effect on Germination, and Development of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) on Wheat Grains in Northwestern Himalayas. *Insect Science*, 21(3): 1-7.
- Moniharapon, D. D., M. Nindatu, dan F. Sarbunan. 2015. Efek Pemberian Daun Sirsak (*Annona muricata* L) sebagai Insektisida Botani Terhadap Mortalitas *Sitophilus oryzae*. *Agrologia*, 4(2): 114-118.
- Nguyen, T. T., P. J. Collins, and P. R. Ebert. 2015. Inheritance and Characterization of Strong Resistance to Phosphine in *Sitophilus oryzae* (L.). *Plos One*, 10(4): 1-14.
- Nurpadilah, Deuis. 2021. *Petunjuk Praktis Pembuatan Pestisida Nabati*. Bekasi: Penerbit Mikro Media Teknologi.
- Phillips, T. W., and J. E. Throne. 2010. Biorational Approaches to Managing Stored Products Insects. *Annual Review of Entomology*, 55: 375-397.
- Rahman, M. Y., D. Fitriyanti, L. Aphrodyanti, dan M. I. Pramudi. 2021. Uji Efektivitas Pemberian Serbuk Daun Sirih Merah (*Piper crocatum*) Terhadap Mortalitas Kutu Beras (*Sitophilus oryzae* L.). *Proteksi Tanaman Tropika*, 4(1): 264-270.
- Rani, S., C. G. L. Justin, and S. J. Roseleen. 2019. Evaluation of Plant Extracts Against Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) in Stored Sorghum Seeds. *The Pharma Innovation*, 8(8): 154-159.
- Rizal, S., D. Mutiara, dan D. Agustina. 2019. Preferensi Konsumsi Kumbang Beras (*Sitophilus oryzae* L.) pada Beberapa Varietas Beras. *Sainmatika*, 19(2): 157-165.

- Rusdi, T. Purwati, Budidjanto, dan Riyanto. 2017. Pemanfaatan Daun Mimba sebagai Pestisida Organik di Kecamatan Kademangan Kota Probolinggo. *Pambudi*, 1 (1) : 82–91.
- Saada, R., M. Yunus, dan F. Pasaru. 2020. Uji Efektivitas Daun Jeruk Purut (*Citrus hystrix* DC.) dalam Mengendalikan Kumbang Beras (*Sitophilus oryzae* L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Agrotekbis*, 8(1): 154-159.
- Sabarwal, A., K. Kumar, and R. P. Singh. 2018. Hazardous Effects of Chemical Pesticides on Human Health – Cancer and Other Associated Disorders. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 63 (1) : 103–114.
- Saenong, M. S. 2016. Tumbuhan Indonesia Potensial sebagai Insektisida Nabati untuk Mengendalikan Hama Kumbang Bubuk Jagung (*Sitophilus spp.*). *Litbang Pertanian*, 35(3): 131-142.
- Safitri, A. R., dan A. Asngad. 2020. Efektivitas Ekstrak Daun Tembelean dan Daun Jeruk Purut sebagai Insektisida Nabati Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk dengan Berbagai Konsentrasi. *SNPBS*, 491-495.
- Sari, R., dan D. Salbiah. 2020. Keefektifan Beberapa Dosis Insektisida Nabati Babandotan (*Ageratum conyzoides* L.) Terhadap Kumbang Bubuk Biji Jagung (*Sitophilus zeamais* M.) di Penyimpanan. *Dinamika Pertanian*, 36(1): 29-36.
- Sartika, R., L. Aphrodyanti, dan E. Liestiany. 2019. Pengaruh Beberapa Jenis Serbuk Daun Jeruk Terhadap Perkembangan *Sitophilus oryzae* L. pada Beras Lokal Siam Unus. *Proteksi Tanaman Tropika*, 2(3): 129-135.
- Seftia, N., C. Mulyani, dan M. Heviyanti. 2021. Efektivitas Serbuk Daun Jeruk Purut (*Citrus hystrix*) dan Serai Wangi (*Cymbopogon nardus*) Terhadap Pengendalian Hama Gudang Beras (*Corcyra cephalonica*). *Agroqua*, 19(2): 363-374.
- Soekamto, M. H., Z. Ohorella, dan J.R. Ijie. 2019. Perlakuan Benih Padi yang Disimpan dengan Pestisida Nabati Sereh Wangi Terhadap Hama Bubuk Padi (*Sitophilus oryzae* L.). *Median*, 11(2): 13-22.
- Sokker, R. F., M. A. Hussein, S. M. S. Ahmed, and R.K.A. Hamed. 2012. Effect of Katel-sous Dust and Clove Powder and Their Mixtures on the Cowpea Seed Beetle, *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera: bruchidae). *Biological Science*, 4(1): 23-33.
- Subagiya, A. Sulisty, dan U. Nurchasanah. 2018. Toksisitas Biji *Annona squamosa* Terhadap Kumbang Tepung (*Tribolium castaneum*) pada Tepung Gandum. *Agrosains*, 20(1): 19–23.
- Syahrullah, L. Aphrodyanti, dan Mariana. 2019. Kerusakan Beras oleh *Sitophilus oryzae* L. dari Beberapa Varietas Padi. *Proteksi Tanaman Tropika*, 2(03): 136-142.
- Tiencheu, B., A. C. Egbe, A. U. Achidi, N. Tenyang, E. F. T. Ngongang, F. T. Djikeng, and B. T. Fossi. 2021. Nutritional, Organoleptic and Phytochemical Properties of Soursop (*Annona muricata* L). *Nutrition and Food Safety*, 13(1): 15-28.
- Zhang, G., F. Lu, Z. G. Huang, S. Chen, and X. K. Wang. 2016. Estimation of Application Dosage and Greenhouse Gas Emission of Chemical Pesticides in Staples Crops in China. *Applied Ecology*, 27 (9) : 2875–288.
- Zumaidar, A. Rizki, dan V. Fitria. 2019. Potensi *Phyllanthus niruri* L. dan *Phyllanthus urinaria* L. sebagai Bioinsektisida terhadap *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Bioleuser*, 3(2): 40-44.