

**PERTUMBUHAN POPULASI DAN PERKEMBANGAN
Tribolium castaneum (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae)
PADA BERAS KETAN PUTIH, MERAH, DAN HITAM DALAM
BENTUK BUTIRAN UTUH DAN TEPUNG**

Oleh
NURTRIANA WULANDARI



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

**PERTUMBUHAN POPULASI DAN PERKEMBANGAN
Tribolium castaneum (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae)
PADA BERAS KETAN PUTIH, MERAH, DAN HITAM DALAM
BENTUK BUTIRAN UTUH DAN TEPUNG**

Oleh

**NURTRIANA WULANDARI
145040201111082**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2019**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di suatu perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali yang secara jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2019



Nurtriana Wulandari

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul penelitian : Pertumbuhan Populasi dan Perkembangan
Tribolium castaneum (Herbst.) (Coleoptera:
Tenebrionidae) pada Beras Ketan Putih, Merah,
dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung

Nama Mahasiswa : Nurtriana Wulandari
NIM : 145040201111082
Jurusan : Hama Penyakit Tumbuhan

Disetujui,
Pembimbing Utama, Pembimbing Pendamping,


Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 2 001


Tita Widjayanti, SP., M.Si.
NIK. 201304 870819 2 001

Diketahui,
Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan



Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan: 29 JUL 2019



LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I,

Penguji II,


Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.
NIP. 19550403 198303 1 003


Tita Widjayanti, SP., M.Si.
NIK. 201304 870819 2 001

Penguji III,

Penguji IV,


Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 2 001


Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS.
NIP. 19590705 198601 1 003

Tanggal Lulus : 01 AUG 2019



RINGKASAN

Nurtriana Wulandari. 145040201111082. Pertumbuhan Populasi dan Perkembangan *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung. Dibawah bimbingan Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. dan Tita Widjayanti, SP., M.Si.

Serangga *Tribolium castaneum* merupakan hama penting pada produk sereal dalam simpanan, baik dalam bentuk tepung maupun dalam bentuk butiran utuh. Salah satu jenis beras yang seringkali terinfestasi oleh hama *T. castaneum* adalah beras ketan baik beras ketan putih, merah, maupun hitam. Penelitian mengenai pengaruh berbagai jenis beras ketan baik dalam bentuk butiran utuh maupun dalam bentuk tepung terhadap pertumbuhan populasi dan perkembangan hama *T. castaneum* masih sangat terbatas sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui jenis beras ketan yang mudah terserang oleh hama *T. castaneum* pada tempat penyimpanan.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hama Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang pada bulan Juni 2018 hingga Maret 2019. Penelitian pertumbuhan populasi dan perkembangan hama *T. castaneum* diatur dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari enam perlakuan dan empat ulangan. Penelitian pertumbuhan populasi dilakukan dengan menginfestasikan 15 pasang imago *T. castaneum* berumur 1-2 minggu kedalam tabung perlakuan yang telah diisi dengan 30 g pakan. Variabel yang diamati adalah mortalitas imago infestasi, jumlah telur, larva, pupa, dan imago baru *T. castaneum* yang muncul. Penelitian perkembangan hama *T. castaneum* dilakukan dengan menempatkan sepasang imago yang muncul di hari yang sama kedalam tabung perlakuan untuk mengetahui periode praoviposisi hama *T. castaneum*, kemudian dilanjutkan dengan mengamati lama stadium telur, larva, dan pupa untuk mengetahui siklus hidup hama *T. castaneum*. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis ragam (ANOVA) pada taraf kesalahan 5% dengan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) apabila hasil analisis menunjukkan perbedaan yang nyata.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah telur dan jumlah larva *T. castaneum* lebih tinggi pada pakan tepung beras ketan merah dibandingkan dengan jumlah telur dan jumlah larva pada tepung beras ketan hitam, tepung beras ketan putih, beras ketan putih utuh, beras ketan merah utuh, dan beras ketan hitam utuh. Jumlah pupa dan jumlah imago baru lebih tinggi pada pakan tepung beras ketan hitam dibandingkan dengan pakan tepung beras ketan merah, tepung beras ketan putih, beras ketan putih utuh, beras ketan merah utuh dan beras ketan hitam utuh. Lama perkembangan stadium telur, larva, pupa dan periode praoviposisi hama *T. castaneum* lebih cepat pada pakan tepung beras ketan hitam dibandingkan dengan dibandingkan dengan lama stadium telur, larva, pupa, dan periode praoviposisi hama *T. castaneum* pada tepung beras ketan merah, beras ketan merah utuh dan beras ketan hitam utuh. Siklus hidup hama *T. castaneum* lebih cepat pada pakan berupa tepung beras ketan hitam dibandingkan dengan siklus hidup *T. castaneum* pada pakan tepung beras ketan merah, beras ketan merah utuh, dan beras ketan hitam utuh.

SUMMARY

Nurtriana Wulandari. 145040201111082. Population Growth and Development of *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) in White, Red and Black Glutinous Rice in Whole Grains and Flour. Supervised by Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. and Tita Widjayanti, SP., M.Si.

Tribolium castaneum is an important pest in cereal products in the storage, both in the form of whole grains and flour. One type of rice that is often infested by *T. castaneum* is glutinous rice in white, red, and black. A study of population growth and the development of *T. castaneum* on various types of glutinous rice both in the form of whole grains and flour as known is still very limited. Therefore, conducting research to examine the types of glutinous rice that are easily attacked by *T. castaneum* in the storage is important.

The study was conducted at the Plant Pest Laboratory, Department of Plant Pest and Diseases, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya, Malang from June 2018 until March 2019. Research on population growth and development of *T. castaneum* was regulated in a Completely Randomized Design (CRD) consisting of six treatments and four replications. The study of population growth was carried out by infesting 15 pairs of *T. castaneum* adults aged 1-2 weeks into a treatment tube that was filled with 30 g of diets. The observed variables were mortality of adult infestation, number of eggs, larvae, pupae, and new adults of *T. castaneum* that appeared. Research on the development of *T. castaneum* was carried out by placing a pair of new adult that appeared on the same day into the treatment tube to determine pre-oviposition period of the *T. castaneum* then proceed with observing the length of eggs, larvae, and pupae stadium to determine the life cycle of the *T. castaneum*. The data obtained were analyzed by analysis of variance (ANOVA) at 5% level significant with *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) as a further test if the analysis results showed significant differences.

The results showed that the number of *T. castaneum* eggs and larvae was higher in red glutinous rice flour compared to the number of eggs and larvae in black glutinous rice flour, white glutinous rice flour, whole white glutinous rice, whole red glutinous rice, and whole black glutinous rice. The number of pupae and new adults was higher in black glutinous rice flour compared to red glutinous rice flour, white glutinous rice flour, whole white glutinous rice, whole red glutinous rice and whole black glutinous rice. The development of egg, larvae, pupae stadium, and pre-oviposition period of *T. castaneum* was faster in black glutinous rice flour compared to the development of eggs, larvae, pupae stadium, and pre-oviposition period of *T. castaneum* in red glutinous rice flour, whole red glutinous rice and whole black glutinous rice. The life cycle of *T. castaneum* was faster in black glutinous rice flour compared to the life cycle of *T. castaneum* in red glutinous rice flour, whole red glutinous rice, and whole black glutinous rice.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pertumbuhan Populasi dan Perkembangan *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku ketua jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dan selaku dosen pembimbing utama atas pengarahan, saran dan bimbingan yang telah diberikan.
2. Ibu Tita Widjayanti, SP., M.Si. selaku pembimbing pendamping atas pengarahan, saran serta bimbingan yang telah diberikan.
3. Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan saran kepada penulis.
4. Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta saran kepada penulis.
5. Penghargaan yang tulus kepada Bapak Sudarsono, S.IP., SP. dan Ibu Surti Mulyani, S.Pd (Almh.) dan kakak penulis atas doa, cinta, kasih sayang, dan dukungan yang telah diberikan
6. Rekan-rekan penulis yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis.

Penulis berharap hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk menambah wawasan dan referensi bagi banyak pihak baik dibidang pertanian maupun non-pertanian.

Malang, Agustus 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bangkalan pada tanggal 19 Juni 1996 sebagai putri ketiga dari Bapak Sudarsono, S.IP., SP., dan Ibu Surti Mulyani, S.Pd. (Almh.). Penulis mempunyai satu saudara laki-laki dan satu saudari perempuan.

Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Negeri Lomaer 1, Blega, Bangkalan, Madura pada tahun 2002 hingga tahun 2008. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke sekolah menengah pertama SMP Negeri 1 Blega dan menyelesaikan pendidikan pada tahun 2011. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan ke sekolah menengah atas SMA Negeri 1 Blega dan menyelesaikan pendidikan pada tahun 2014.

Penulis selanjutnya menjadi mahasiswi Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi) pada tahun 2014 dan terdaftar sebagai mahasiswi minat Perlindungan Tanaman pada tahun 2016. Selama menjadi mahasiswi Fakultas Pertanian, penulis pernah aktif dalam kepanitiaan PROTEKSI (Pekan Orientasi Terpadu Keprofesian) pada tahun 2017 sebagai anggota Divisi Konsumsi.

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Hipotesis	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Klasifikasi <i>Tribolium castaneum</i>	4
2.2 Bioekologi dan Morfologi <i>T. castaneum</i>	4
2.3 Arti Penting Hama <i>T. castaneum</i>	7
2.4 Pengaruh Bentuk Fisik dan Kimia Pakan terhadap Kehidupan Serangga ..	8
2.5 Deskripsi Beras Ketan	9
III. METODE PENELITIAN	12
3.1 Tempat dan Waktu	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Metode Penelitian	12
3.3.1 Persiapan Penelitian	13
3.3.2 Pelaksanaan Penelitian	15
3.4 Analisis Data	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Hasil Penelitian	18
4.1.1 Pertumbuhan Populasi <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung	18
4.1.2 Perkembangan <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Merah dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung	25
4.2 Pembahasan Umum	29
V. KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	41



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Perlakuan Jenis Pakan pada Penelitian Pertumbuhan dan Perkembangan <i>T. castaneum</i>	15
2.	Rerata Mortalitas Imago <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung	18
3.	Rerata Jumlah Telur, Jumlah Larva, Jumlah Pupa, Jumlah Imago Baru <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung	19
4.	Rerata Stadium Telur, Stadium Larva, Stadium Pupa, Praoviposisi, dan Siklus Hidup <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Merah dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung	26

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Analisis Ragam Mortalitas Imago Infestasi pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung.....	45
2.	Analisis Ragam Jumlah Telur <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung.....	45
3.	Analisis Ragam Jumlah Larva <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung.....	45
4.	Analisis Ragam Jumlah Pupa <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung.....	45
5.	Analisis Ragam Jumlah Imago Baru <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung.....	46
6.	Analisis Ragam Stadium Telur <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung.....	46
7.	Analisis Ragam Stadium Larva <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung.....	46
8.	Analisis Ragam Stadium Pupa <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung.....	46
9.	Analisis Ragam Lama Praoviposisi <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung.....	47
10.	Analisis Ragam Siklus Hidup <i>T. castaneum</i> pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung.....	47



11. Korelasi antara Jumlah Pupa <i>T. castaneum</i> dengan Karbohidrat	47
12. Korelasi antara Jumlah Pupa <i>T. castaneum</i> dengan Abu	47
13. Korelasi antara Jumlah Pupa <i>T. castaneum</i> dengan Lemak	48
14. Korelasi antara Jumlah Pupa <i>T. castaneum</i> dengan Protein.....	48
15. Korelasi antara Jumlah Imago Baru <i>T. castaneum</i> dengan Karbohidrat.....	48
16. Korelasi antara Jumlah Imago Baru <i>T. castaneum</i> dengan Abu	48
17. Korelasi antara Jumlah Imago Baru <i>T. castaneum</i> dengan Lemak	49
18. Korelasi antara Jumlah Imago Baru <i>T. castaneum</i> dengan Protein.....	49
19. Korelasi antara Jumlah Pupa <i>T. castaneum</i> dengan Tingkat Kekerasan Biji	49
20. Korelasi antara Jumlah Imago Baru <i>T. castaneum</i> dengan Tingkat Kekerasan Biji.....	49
21. Korelasi antara Lama Stadium Telur <i>T. castaneum</i> dengan Tingkat Kekerasan Biji.....	50
22. Hasil Analisis Proksimat (Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Univeritas Brawijaya, 2018).....	50
23. Hasil Uji kekerasan Tiga Jenis Beras Ketan Utuh (Laboratorium Teknologi Hasil Pangan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, 2018).....	50
24. Rerata Hasil Uji Fenolik Pakan (Laboratorium Teknologi Pangan Hasil Petanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, 2018).....	51
25. Suhu dan Kelembapan Nisbi Harian di Laboratorium Hama Tumbuhan pada Tanggal 1 Juni 2018-31 Maret 2019	51

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Telur <i>T. castaneum</i>	5
2.	Larva <i>T. castaneum</i>	5
3.	Perbedaan Organ Genitalia Pupa <i>T. castaneum</i> , (a) Betina, (b) Jantan	6
4.	Imago <i>T. castaneum</i>	6
5.	Imago <i>Tribolium</i> spp. antena (a) <i>T. castaneum</i> , (b) <i>T. confusum</i>	7
6.	Struktur Gabah Tanaman Padi, (1) Beras (Karyopsis), (2) Palea, (3) Lemma, (4) Rakhilla, (5) Lemma Mandul, (6) Pedisel (Tangkai Gabah).....	10

LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Serangga <i>T. castaneum</i> , (a) Sebutir Telur, (b) Larva Instar Akhir, (c) Pupa, (d) Imago, Perbedaan Genitalia Pupa, (e) Jantan, (d) Betina	42
2.	Pakan yang digunakan dalam Penelitian berbentuk Beras Utuh, (a) Beras Ketan Putih, (b) Beras Ketan Merah, (c) Beras Ketan Hitam, dalam Bentuk Tepung, (d) Beras Ketan Putih, (e) Beras Ketan Merah, (f) Beras Ketan Hitam	43
3.	Butiran Beras Utuh yang digunakan dalam Penelitian, (a) Beras Ketan Putih, (b) Beras Ketan Merah, (c) Beras Ketan Hitam, Butiran Beras yang Rusak Akibat Serangan Hama <i>T. castaneum</i> , (d) Beras Ketan Putih, (e) Beras Ketan Merah, (f) Beras Ketan Hitam	44



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beras ketan (*Oryza sativa* L. var. *glutinosa*) merupakan jenis beras yang memiliki kandungan pati berupa amilopektin lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan amilosa. Beras ketan putih mengandung senyawa pati sebanyak 90% yang terdiri dari 1-2% amilosa dan 88-89% amilopektin per berat kering. Kandungan amilopektin yang tinggi pada beras ketan menyebabkan tekstur nasi menjadi lebih lekat dibandingkan dengan beras yang mengandung amilosa lebih tinggi (Koswara, 2009; Setyaningsih *et al.*, 2015; Suriani, 2015). Hal tersebut menyebabkan beras ketan dipilih sebagai salah satu bahan baku pembuatan kudapan karena bersifat lekat dan kenyal serta memiliki rasa yang manis. Secara nasional, rata-rata konsumsi beras atau beras ketan pada bulan maret 2016 sebesar 7,15 kg/kapita/bulan. Beras ketan banyak ditemukan di Indonesia dengan jumlah produksi sekitar 42.000 ton/tahun dan penggunaannya masih terbatas pada industri makanan (Lukman *et al.*, 2013). Beras ketan yang digunakan dan dikonsumsi oleh industri dan masyarakat pada umumnya terdiri dari beberapa jenis dan varietas yaitu beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung.

Produksi beras ketan di Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri karena rendahnya produksi di lapangan serta terjadinya kehilangan hasil pada saat penyimpanan. Kehilangan hasil tersebut salah satunya dapat diakibatkan oleh serangan hama dan penyakit pascapanen. Salah satu hama penting yang dapat menyerang bahan simpanan adalah *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae). Hama tersebut dikenal juga sebagai kumbang tepung atau *the red flour beetle* yang merupakan hama sekunder pada gudang penyimpanan beras (Wagiman *et al.*, 1999).

Keberadaan dan peningkatan populasi hama *T. castaneum* pada gudang penyimpanan dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas dan kuantitas beras. Hama *T. castaneum* merupakan salah satu spesies serangga hama penting dalam penyimpanan di daerah tropik. Serangga tersebut mampu bertahan hidup pada bahan pangan dengan kadar air rendah serta dapat menimbulkan kerusakan pada sereal yang telah digiling (Dharmaputra *et al.*, 2014). Kerusakan yang

terjadi pada bahan simpan dapat berupa kerusakan kuantitatif seperti penurunan berat bahan dan kerusakan kualitatif seperti perubahan warna, kontaminasi kotoran, menimbulkan bau, dan menyebabkan penurunan kandungan gizi (Mangoendiharjo, 1978). Tingkat kerusakan dari bahan simpanan dapat dipengaruhi oleh kepadatan populasi hama serta kesesuaian dan ketersediaan bahan simpanan terhadap kehidupan hama.

Ketersediaan dan kesesuaian pakan terhadap pertumbuhan dan perkembangan hama gudang dipengaruhi oleh kondisi fisik dan kimia dari pakan. Faktor fisik dan kimia pakan yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan hama pascapanen pada biji-bijian antara lain adalah ukuran dan kekerasan biji serta nutrisi yang terkandung didalam pakan (Sjam, 2014). Sebagian besar serangga membutuhkan pakan yang mengandung nutrisi berupa karbohidrat, protein atau asam amino (10 asam amino esensial), asam lemak, kolesterol, kolin, inositol, asam pantotenat, nikotinamid, tiamin, riboflavin, asam folat, piridoksin, vitamin B₁₂, vitamin A atau karoten, tokoferol, asam askorbat, mineral, dan air (Vanderzant, 1974).

Beras ketan putih, merah, dan hitam memiliki kandungan nutrisi seperti karbohidrat, protein, lemak, mineral, dan vitamin yang berbeda. Beras ketan putih memiliki kandungan karbohidrat 79,4 %, kandungan protein 6,7 %, dan kandungan lemak 0,7 % per 100 gram. Beras ketan hitam memiliki kandungan karbohidrat 78 %, kandungan protein 7 %, dan kandungan lemak 0,7 % per 100 gram beras (Poedjiadji, 1994). Selain itu, tepung beras ketan hitam juga diketahui memiliki kandungan protein sebesar 7,65 % (Tuankotta *et al.*, 2015). Kandungan nutrisi yang berbeda dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan hama pascapanen *T. castaneum*. Pakan yang mengandung protein yang lebih tinggi dapat menunjang pertumbuhan dan perkembangan *T. castaneum* (Wong dan Lee, 2011).

Penelitian tentang pertumbuhan populasi dan perkembangan hama *T. castaneum* pada beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung belum banyak dilaporkan sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui jenis beras ketan yang mudah terserang oleh hama *T. castaneum* pada tempat penyimpanan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pertumbuhan populasi dan perkembangan hama *T. castaneum* pada pakan berupa beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung.

1.3 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah pertumbuhan populasi dan perkembangan hama *T. castaneum* lebih tinggi dan lebih cepat pada pakan berupa tepung beras ketan hitam dibandingkan dengan tepung beras ketan putih, tepung beras ketan merah, dan beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pertumbuhan populasi dan perkembangan hama *T. castaneum* pada pakan berupa beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung sehingga dapat dijadikan sebagai dasar pengendalian hama yang tepat. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan informasi tentang jenis beras ketan yang mudah terinfestasi oleh hama *T. castaneum* pada tempat penyimpanan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

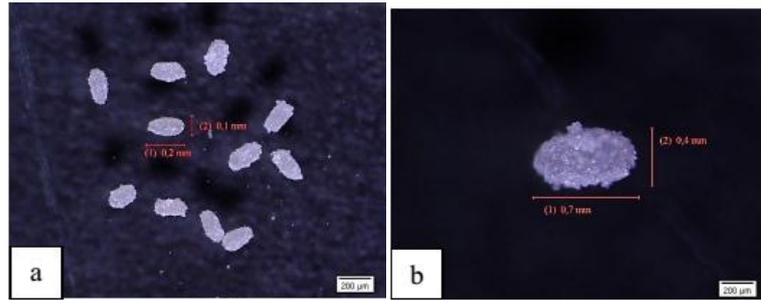
2.1 Klasifikasi *Tribolium castaneum*

Serangga *T. castaneum* dikenal sebagai kumbang tepung atau dalam bahasa Inggris disebut *red flour beetle* yang merupakan hama sekunder pada beras (Wagiman *et al.*, 1999). Serangga *T. castaneum* termasuk ke dalam Kingdom: Animalia, Filum: Arthropoda, Kelas: Insecta, Ordo: Coleoptera, Famili: Tenebrionidae, Genus: *Tribolium* dan Spesies: *T. castaneum* (Herbst.) (Rees, 2004).

2.2 Bioekologi dan Morfologi *T. castaneum*

Serangga *T. castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) atau kumbang tepung merah merupakan hama polifag dan kosmopolitan yang merusak produk pertanian di penyimpanan (Weston dan Rattlingourd, 2000; Sarwar, 2015). Hama *T. castaneum* merupakan serangga yang bermetamorfosis sempurna (holometabola) yang melalui tahap telur, larva, pupa dan imago (Rees, 2004). Siklus hidup hama *T. castaneum* berlangsung selama 19-20 hari pada kondisi optimum yaitu pada kisaran suhu 35-38 °C dan RH diatas 70 % (Mahroof dan Hagstrum, 2012).

Telur. Stadium telur serangga *T. castaneum* berlangsung sekitar 5-12 hari. Telur *T. castaneum* berbentuk lonjong berwarna putih dan memiliki panjang $\pm 1,5$ mm (Gambar 1) (Wagiman *et al.*, 1999; Hagstrum dan Mahroof, 2012). Imago betina meletakkan telur diantara butiran tepung secara acak. Bagian kulit telur *T. castaneum* memiliki lapisan pelekat yang dapat menyebabkan telur menempel pada tepung dan dilindungi oleh partikel-partikel tepung (Arbogast, 1991). Imago betina rata-rata dapat meletakkan $\pm 360-1.000$ butir telur selama masa hidupnya, namun jumlah telur yang diletakkan oleh imago betina akan menurun pada imago berumur lebih dari 100 hari (Sokoloff, 1972; Rees, 2004). Telur yang telah diletakkan oleh imago betina akan menetas menjadi larva setelah 3 hari pada kondisi optimum yaitu pada kisaran suhu 35-38 °C dan RH lebih dari 70 % (Mahroof dan Hagstrum, 2012).



Gambar 1. Telur *T. castaneum* (Rizqoh, 2018)

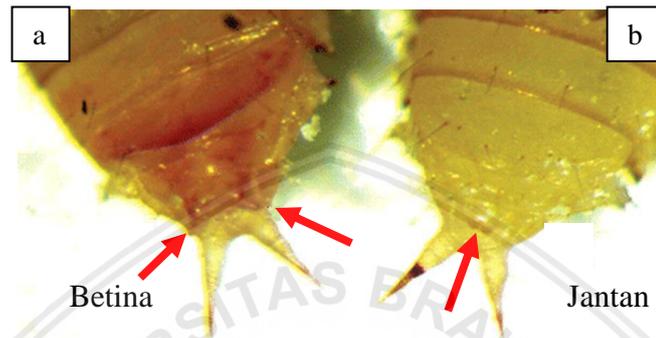
Larva. Larva *T. castaneum* berwarna putih kekuningan hingga cokelat muda, memakan tepung dan pada instar akhir berukuran 5-6 mm (Gambar 2). Larva berbentuk *elateriform*, memiliki tiga pasang tungkai pada bagian thorax dan aktif bergerak dalam pakan (Wagiman *et al.*, 1999; Rees, 2004; Hagstrum dan Mahroof, 2012). Perkembangan larva melalui 5-7 instar tergantung pada suhu dan nutrisi pakan dan akan menjadi pupa setelah 12-13 hari pada kondisi optimum (Hagstrum dan Mahroof, 2012; Sreeramoju *et al.*, 2016). Larva pada instar awal akan menghindari cahaya dan bersembunyi dalam pakan, sedangkan larva instar akhir akan berkepompong pada permukaan bahan dalam posisi telentang tanpa membuat kokon (Wagiman *et al.*, 1999; Hagstrum dan Mahroof, 2012). Serangga *T. castaneum* dapat bersifat kanibal antara larva dan imago di dalam pakan akibat pengaruh kontrol genetik dari serangga *T. castaneum* (Rees, 2004; Sreeramoju *et al.*, 2016).



Gambar 2. Larva *T. castaneum* (Rees, 2004)

Pupa. Pupa *T. castaneum* berwarna putih kekuningan bertipe bebas (*exarate*) dan panjangnya 3,5 mm (Gambar 3) (Mangoendihardjo, 1983). Tahap pra-pupa berlangsung selama 1-2 hari, kemudian dilanjutkan dengan tahap pupa yang berlangsung selama 4-5 hari pada suhu 35-37 °C dan kelembaban (RH) lebih dari 70 %. (Hagstrum dan Mahroof, 2012; Sreeramoju *et al.*, 2016). Pada ujung abdomen pupa terdapat *urogomphi*. Perbedaan antara pupa jantan dan betina dapat

dilihat melalui bentuk organ genitalia pupa (*papillae genitalia*) (Hagstrum dan Mahroof, 2012). Pupa betina memiliki *papillae* berbentuk tonjolan menyerupai dua jari yang meruncing pada bagian anterior, sedangkan pupa jantan memiliki *papillae* berbentuk satu tonjolan seperti ujung jari dan berukuran lebih kecil dibandingkan dengan *papillae* pada pupa betina (Gambar 3) (Sreeramoju *et al.*, 2016).



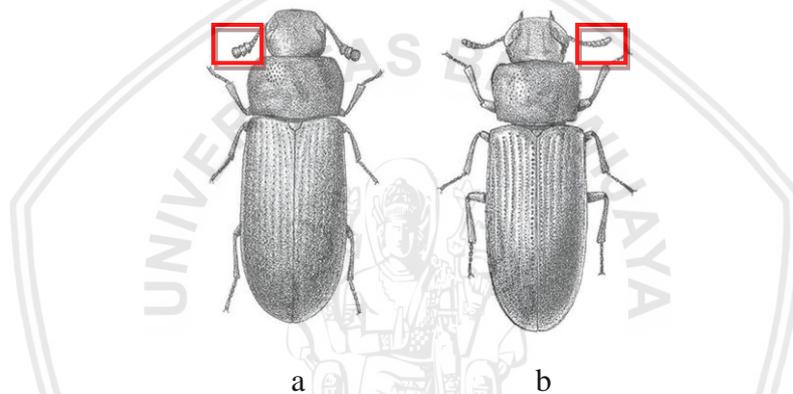
Gambar 3. Perbedaan Organ Genitalia Pupa *T. castaneum*, (a) Betina, (b) Jantan (Sreeramoju *et al.*, 2016)

Imago. Imago serangga *T. castaneum* memiliki tubuh pipih dan berwarna merah karat dengan panjang tubuh 2,3-4,4 mm (Gambar 4). Lama perkembangan serangga sangat bervariasi bergantung pada suhu, kelembaban dan jenis makanan. Daur hidup serangga *T. castaneum* berlangsung sekitar 5-6 minggu dan lama hidupnya dapat berlangsung 2-3 tahun pada kondisi yang optimum (Kalshoven, 1981; Rees, 2004). Pada suhu 18-29 °C rata-rata imago jantan dan betina dapat hidup selama 130-198 hari (Hagstrum dan Mahroof, 2012).



Gambar 4. Imago *T. castaneum* (Rees, 2004)

Genus *Tribolium* memiliki sekitar 30 spesies *Tribolium*. Serangga *T. castaneum* dan *T. confusum* merupakan serangga yang termasuk ke dalam genus *Tribolium* dan merupakan hama penting pada produk produk simpanan. Perbedaan antara serangga *T. castaneum* dan *T. confusum* dapat dilihat melalui tipe antena yang dimiliki oleh serangga tersebut. Tipe antena *T. castaneum* adalah *capitate* dengan tiga bagian segmen terakhir membesar secara tiba-tiba, sedangkan tipe antena *T. confusum* adalah *clavate* dengan bagian segmen membesar secara bertahap (Gambar 5). Serangga *T. castaneum* memiliki sayap yang berkembang sempurna sehingga dapat terbang dengan baik, sedangkan sayap *T. confusum* tidak berkembang sempurna (Rees, 2004).



Gambar 5. Imago *Tribolium* spp. antena (a) *T. castaneum*, (b) *T. confusum* (Baldwin dan Fasulo, 2016)

Imago *T. castaneum* dapat melakukan reproduksi dalam waktu yang lama atau seumur hidupnya. Stadium praoviposisi pada imago berlangsung selama 8-10 hari. Imago betina yang telah melakukan perkawinan dapat meletakkan telur \pm 3-5 telur per hari selama beberapa hari pertama dan 2-3 telur per hari selama hidupnya (Mahroof dan Hagstrum, 2012).

2.3 Arti Penting Hama *T. castaneum*

Serangga *T. castaneum* merupakan hama kosmopolit yang menyebar dan dapat ditemukan di seluruh penjuru dunia. Hama *T. castaneum* adalah hama utama dan sering ditemui pada bahan simpanan. Hama tersebut menyerang hampir semua bahan kering yang berasal dari hewan atau tumbuhan dan menjadi hama penting pada tepung terigu. Hama *T. castaneum* juga dapat menyebabkan kerusakan yang serius pada buah kering, kacang, biji-bijian, dan produk olahan

seperti pasta dan biskuit. Kumbang *T. castaneum* sulit untuk menginfestasi biji-bijian utuh dan dikategorikan sebagai hama sekunder pada bahan simpanan berupa biji-bijian karena membutuhkan infestasi serangga yang memakan biji dari dalam (*internal feeder*) untuk merusak biji dan menghasilkan biji yang patah dan tepung hasil gerkakan sehingga imago dan larva hama *T. castaneum* dapat memakan tepung hasil gerkakan dan biji-bijian yang pecah (Karunakaran *et al.*, 2004; Devi dan Devi, 2015).

Infestasi *T. castaneum* secara langsung dapat menyebabkan penurunan susut bahan pangan dan menimbulkan perubahan warna serta bau tidak sedap akibat sekresi *benzoquinones* dari kelenjar abdomen *T. castaneum* pada tepung selama penyimpanan (Hodges *et al.*, 1996; Rees, 2004; Devi dan Devi, 2015). Serangan hama *T. castaneum* dengan intensitas yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan ekonomi pada tepung selama penyimpanan dengan tingkat kerusakan berkisar antara 34-40 % (Ajayi dan Rahman, 2006). Spesies *Tribolium* lain seperti *T. audax*, *T. destructor* dan *T. madens* juga merupakan hama dari biji-bijian sereal dan produk gandum dan bisa menjadi hama penting yang bersifat lokal di daerah di mana hama tersebut ditemukan. Misalnya di Kanada bagian selatan, hama *T. destructor* bisa menjadi hama penting seperti *T. castaneum* dan *T. confusum* (Rees, 2004).

2.4 Pengaruh Bentuk Fisik dan Kimia Pakan terhadap Kehidupan Serangga

Pakan di dalam simpanan dapat berupa tanaman pangan dan produk pertanian. Pakan tersebut merupakan penopang untuk memenuhi kebutuhan nutrisi dalam kehidupan serangga hama gudang terutama pada stadium peletakan telur dan larva. Kesesuaian pakan erat hubungannya dengan dinamika serangga memilih sumber pakan yang sesuai untuk pertumbuhan populasinya. Kondisi pakan yang sesuai dengan jumlah yang cukup serta sesuai dengan sistem pencernaan serangga dapat menunjang pertumbuhan dan perkembangan serangga, sebaliknya jika pakan yang berlimpah dengan kandungan pakan tidak sesuai, maka akan menekan perkembangan populasi serangga hama. Ketidaksesuaian faktor pakan dapat disebabkan oleh kurangnya kandungan unsur yang diperlukan serangga hama, rendahnya kadar air bahan simpan dan permukaan bahan simpan yang terlalu keras (Andrewartha dan Birch, 1954; Yasin, 2009).

Terdapat dua faktor pakan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan serangga yaitu faktor fisik dan kimia yang terkandung dalam pakan. Faktor fisik pakan yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan hama pascapanen pada biji-bijian yaitu kekerasan biji, kekasaran permukaan biji, ketebalan kulit biji, dan ukuran biji. Faktor kimia pakan yang berhubungan dengan pertumbuhan dan perkembangan hama pascapanen adalah nutrisi yang terkandung dalam pakan. Nutrisi tanaman merupakan penentu serangga memilih suatu tanaman atau produk pertanian sebagai suatu makanan atau inang untuk tempat pertumbuhan maupun perkembangan (Sjam, 2014). Sebagian besar serangga membutuhkan pakan yang mengandung nutrisi berupa karbohidrat, protein atau asam amino (10 asam amino esensial), asam lemak, kolesterol, kolin, inositol, asam pantotenat, nikotinamid, tiamin, riboflavin, asam folat, piridoksin, vitamin B₁₂, vitamin A atau karoten, tokoferol, asam askorbat, mineral, dan air (Vanderzant, 1974).

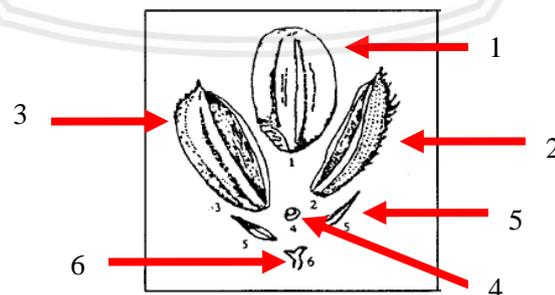
Setiap jenis nutrisi memiliki peranan masing-masing dalam mendukung pertumbuhan serangga. Perbedaan kualitas dan kandungan nutrisi yang terdapat pada tepung dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan hama *T. castaneum* (Campbell dan Runnion, 2003). Pertumbuhan dan perkembangan serangga *T. castaneum* berlangsung lebih cepat pada pakan berupa gandum, beras merah, dan beras yang telah ditambahkan ragi (Sokoloff *et al.*, 1966). Serangga *T. castaneum* dapat hidup pada pakan yang mengandung protein tinggi (Applebaum, 1969). Beberapa mineral dan vitamin yaitu fosfor, tiamin, riboflavin, asam nikotin, piridoksin, asam pantotenat, dan biotin diketahui dapat mengoptimalkan pertumbuhan serangga *T. confusum*. (Fraenkel dan Blewett, 1947; Chaudhary dan Lemonde 1962).

2.5 Deskripsi Beras Ketan

Beras merupakan salah satu makanan pokok bagi penduduk dunia sehingga dianggap sebagai asupan kalori utama (Setyaningsih *et al.*, 2015). Beras ketan (*Oryza sativa* var. *glutinosa*) termasuk ke dalam salah satu varietas padi yang tumbuh di Asia Tenggara dan Asia Timur (Prasmita *et al.*, 2017). Tanaman padi ketan merupakan salah satu varietas padi yang merupakan tumbuhan semusim

yang mempunyai panjang lidah tanaman \pm 1-4 mm dan bercangkap dua dengan helaian daun berbentuk garis sepanjang \pm 15-80 cm. Beberapa varietas memiliki tepi daun yang kasar dan memiliki malai dengan panjang \pm 15-40 cm yang tumbuh keatas disertai dengan akar yang menggantung (Maimunah, 2004).

Tanaman padi termasuk ketan dipanen dalam bentuk gabah. Secara morfologi, gabah terusun dari 15-30 % kulit luar sekam, 4-5 % kulit ari, 12-14 % katul, 65-67 % endosperma dan 2-3 % lembaga. Kulit luar (sekam) membentuk jaringan keras sebagai pelindung bagi butiran beras serta bersifat kedap terhadap oksigen (O_2), CO_2 , dan uap air sehingga dapat melindungi butiran beras dari pengaruh luar seperti kerusakan oksidasi dan enzimatik. Lapisan katul merupakan lapisan yang paling banyak mengandung vitamin B_1 , protein, lemak, vitamin B_2 , dan niasin. Biji yang sehari-hari dikenal dengan nama beras pecah kulit adalah karyopsis yang terdiri atas embrio dan endosperma yang diselimuti oleh lapisan aleuron, kemudian tegmen dan lapisan terluar yang disebut perikarp (Gambar 6). Endosperma adalah bagian utama dari butiran beras yang memiliki kandungan utama pati, protein, serta selulosa mineral, dan vitamin dalam jumlah kecil. (Koswara, 2009; Makarim dan Suhartatik, 2009). Beras ketan di Indonesia banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan aneka olahan makanan seperti rengginang, lempur, tape, bubur ketan, dodol, dan brem. Pemanfaatan beras ketan dalam industri makanan umumnya dimanfaatkan dalam bentuk beras pecah kulit, beras ketan sosoh, dan tepung beras ketan (Setyaningsih *et al.*, 2015; Prasmita *et al.*, 2017).



Gambar 6. Struktur Gabah Tanaman Padi, (1) Beras (Karyopsis), (2) Palea, (3) Lemma, (4) Rakhilla, (5) Lemma Mandul, (6) Pedisel (Tangkai Gabah) (Yoshida, 1981)

Beras ketan mengandung amilopektin, sehingga daya lekat pada beras ketan jauh lebih lekat dibanding dengan beras yang biasa digunakan sebagai makanan pokok orang Indonesia. Amilopektin merupakan penyusun terbanyak dalam beras ketan. Beras ketan putih mengandung senyawa pati sebanyak 90 % yang terdiri dari 1-2 % amilosa dan 88-89 % amilopektin per berat kering sehingga termasuk ke dalam golongan beras dengan kandungan amilosa sangat rendah yakni <9 % (Winarno, 1984; Suriani, 2015). Terdapat beberapa jenis beras ketan yang umumnya dikonsumsi oleh masyarakat yaitu beras ketan putih, merah, dan hitam. Beras ketan umumnya mengandung nutrisi berupa asam fenolat, flavonoid, dan antosianin (Prasmita *et al.*, 2017).

Beras khususnya beras ketan yang dikonsumsi oleh masyarakat merupakan beras giling yaitu beras yang telah mengalami pembersihan dari kulit luar (sekam) dan penghilangan kulit ari sehingga menjadi beras yang berwarna putih (*white rice*) dengan permukaan yang lebih halus. Hasil penggilingan beras berupa beras utuh yaitu beras yang masih berukuran setidaknya $\frac{3}{4}$ bagian dan beras patah yang berukuran kurang dari $\frac{3}{4}$ bagian (Wadsworth, 1991). Ukuran beras diatur dalam standarisasi mutu beras yang memiliki empat tipe ukuran beras yaitu sangat panjang (lebih dari 7 mm), panjang (6-7 mm), sedang (5,0-5,9 mm), dan pendek (kurang dari 5 mm). Berdasarkan bentuknya (perbandingan antara panjang dan lebar butir beras) beras dibagi menjadi empat tipe yaitu lonjong (lebih dari 3), sedang (4-3,0), agak bulat (2,0-2,39) dan bulat (kurang dari 2) (Koswara, 2009).

Selain dikonsumsi dalam bentuk beras utuh, beras ketan juga banyak dikonsumsi dalam bentuk tepung. Tepung beras merupakan hasil pengilingan atau pengolahan lanjutan dari biji beras menjadi berbentuk bubuk yang memiliki ukuran lebih kecil dan halus (Swetman, 2002; SNI, 2009). Syarat mutu tepung beras yang baik ditentukan melalui pengujian dengan standar SNI (Standar Nasional Indonesia). Syarat mutu tepung beras yang baik adalah berbentuk serbuk halus yang lolos ayakan 80 *mesh*, berwarna putih khas tepung beras, memiliki bau yang normal, tidak mengandung jenis pati yang lain selain pati beras dengan kadar air maksimal 13 % dan kadar abu maksimal 1 % serta bebas dari kontaminan berupa logam atau senyawa berbahaya, benda asing, jamur, bakteri, cemaran mikroba maupun serangga dalam semua bentuk dan stadia (SNI, 2009).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hama Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya pada bulan Juni 2018 hingga bulan Maret 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung perbanyakan serangga (p=11,5 cm, l=11,5 cm, t=12 cm), tabung kaca untuk sterilisasi pakan (d=15 cm, t=17 cm), tabung kaca untuk perlakuan (d=6,5 cm, t=9,5 cm), cawan Petri kaca (d=9 cm, t=1,5 cm), tabung plastik (d=3 cm, t=3 cm), nampan, kuas berbagai ukuran, ayakan nylon, kain kasa, karet gelang, kertas label, oven, lampu, timbangan digital tipe Mettler Toledo[®], lemari pendingin dan *freezer* untuk proses sterilisasi, mikroskop, *hand counter*, kamera, termohigrometer digital Innotech CTH[®]-680 untuk mengukur suhu dan kelembapan laboratorium selama penelitian.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serangga *T. castaneum*, tepung terigu dan ragi instan untuk perbanyakan serangga. Serangga yang digunakan untuk perbanyakan diperoleh dari koleksi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dan tepung terigu serta ragi instan yang digunakan diperoleh dari swalayan. Beras ketan putih varietas Lusi, beras ketan merah varietas Inpari 25 Opak Jaya, beras ketan hitam varietas Setail yang digunakan sebagai pakan dalam perlakuan diperoleh dari Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi), Sukamandi, Subang, Jawa Barat. Beras ketan yang digunakan disiapkan dalam bentuk butiran utuh dan tepung. Tepung didapatkan melalui campuran beras utuh dan patah yang digiling menggunakan mesin giling sebanyak 3 kali penggilingan hingga menjadi tepung yang halus.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi dua tahap, yaitu tahap persiapan dan pelaksanaan penelitian. Tahap pertama yaitu persiapan penelitian meliputi penyediaan pakan, sterilisasi pakan, analisis proksimat pakan, uji kekerasan pakan, analisis total fenolik pakan, dan perbanyakan serangga. Tahap kedua yaitu pelaksanaan penelitian yang terdiri dari pengamatan terhadap pertumbuhan

populasi dan perkembangan *T. castaneum* pada beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung.

3.3.1 Persiapan Penelitian

Penyediaan Pakan Serangga. Pakan serangga yang digunakan untuk perbanyakan adalah tepung terigu dan ragi sedangkan pakan serangga yang akan digunakan untuk perlakuan penelitian yaitu beras ketan putih varietas Lusi, beras ketan merah varietas Inpari 25 Opak Jaya, dan beras ketan hitam varietas Setail yang berasal dari Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi, Subang, Jawa Barat. Pakan yang telah didapatkan selanjutnya dipisahkan dari kontaminan seperti batu, sekam dan kontaminasi serangga. Masing-masing jenis beras ketan disediakan dalam bentuk utuh yang dipisahkan secara manual serta dalam bentuk tepung yang diperoleh melalui penggilingan campuran butiran beras ketan utuh dan patah. Pakan yang telah disiapkan kemudian di sterilisasi dengan mengacu pada metode Heinrichs.

Sterilisasi Pakan Serangga. Pakan yang digunakan untuk perbanyakan dan perlakuan terlebih dahulu di sterilisasi dengan cara dimasukkan ke dalam tabung kaca (d=15cm, t=17 cm). Sterilisasi dilakukan menggunakan *freezer* dengan suhu -15 °C selama satu minggu kemudian dipindahkan ke lemari pendingin dengan suhu 5 °C selama satu minggu lalu dipindahkan di ruangan dengan suhu 27 ± 2 °C selama dua minggu untuk normalisasi suhu sebelum digunakan sebagai pakan serangga (Heinrichs *et al.*, 1985). Tujuan dari sterilisasi tersebut adalah untuk menghindari kontaminasi oleh organisme dan kontaminan yang lain pada pakan yang digunakan untuk perbanyakan maupun perlakuan.

Analisis Proksimat Beras Ketan. Analisis proksimat pada pakan yang berupa butiran beras utuh dan tepung dilakukan untuk mengetahui nilai kandungan karbohidrat, protein, lemak, kadar air dan mineral abu yang terkandung dalam pakan. Analisis proksimat dilakukan di Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

Analisis Fenol Beras Ketan. Analisis fenolik total pada pakan berupa beras ketan utuh dan tepung dilakukan untuk mengetahui jumlah fenol total yang dikeluarkan oleh setiap jenis beras dan tepung. Analisis fenolik total dilakukan di

Laboratorium Teknologi Pangan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Uji Kekerasan Biji Beras Ketan. Uji kekerasan biji pada pakan berupa beras ketan utuh dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan biji pada beras utuh dengan menghitung jumlah gaya yang dibutuhkan untuk menghancurkan masing-masing jenis beras. Uji kekerasan biji beras dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Perbanyak Serangga. Serangga *T. castaneum* yang digunakan untuk perbanyak diperoleh dari koleksi Laboratorium Hama Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Serangga yang telah diperoleh kemudian diidentifikasi terlebih dahulu untuk memastikan bahwa spesies serangga yang akan digunakan dalam perbanyak adalah *T. castaneum*. Identifikasi dilakukan dengan bantuan mikroskop stereo dan buku identifikasi. Identifikasi *Tribolium* sp. dilakukan dengan melihat tipe antena dari serangga *T. castaneum* dan *T. confusum*. Tipe antena serangga *T. castaneum* adalah *capitate* dengan tiga bagian segmen terakhir membesar secara tiba-tiba, sedangkan *T. confusum* adalah *clavate* dengan bagian segmen membesar secara bertahap (Gambar 5). Serangga *T. castaneum* memiliki sayap yang berkembang sempurna, sedangkan sayap *T. confusum* tidak berkembang sempurna (Rees, 2004).

Perbanyak serangga dilakukan di dalam tabung perbanyak serangga (p=11,5 cm, l=11,5 cm, t=12 cm). Bahan yang digunakan sebagai pakan yaitu tepung terigu dan ragi dengan perbandingan 95 % : 5 %. Pakan berupa tepung terigu dan ragi dimasukkan ke dalam kotak perbanyak dan dicampur rata, kemudian diinfestasi dengan 150 imago *T. castaneum* tanpa membedakan serangga jantan dan betina (Islam dan Roy, 1981). Penambahan ragi berfungsi sebagai nutrisi tambahan seperti protein dan karbohidrat dalam pakan serangga (Cohen, 2015). Permukaan tabung kaca ditutup menggunakan kain kasa agar serangga tidak keluar dari tabung perbanyak serta untuk menghindari kontaminasi organisme dan benda lain.

Imago yang telah di infestasi dikeluarkan dari tabung kaca setelah tujuh hari infestasi. Telur yang diletakkan oleh imago *T. castaneum* pada pakan dibiarkan

hingga berkembang menjadi pupa. Organ genitalia pada stadium pupa dapat digunakan untuk membedakan jenis kelamin serangga *T. castaneum* (Sreeramoju *et al.*, 2016) (Gambar 3). Perbedaan pada organ genitalia *T. castaneum* dapat diamati dengan menggunakan bantuan mikroskop stereo. Pupa jantan dan betina yang telah diamati dan dipisahkan disimpan dalam tabung yang berbeda dan telah di isi dengan pakan kemudian dipelihara hingga menjadi imago baru. Imago baru yang muncul dipelihara hingga berumur 7 hingga 14 hari sebelum digunakan untuk penelitian.

3.3.2 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode *no choice test* yang bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan populasi dan perkembangan serangga *T. castaneum* pada pakan berupa beras ketan yang berasal dari tiga jenis dan varietas dalam 2 bentuk yang berbeda yaitu dalam bentuk butiran utuh dan tepung. Penelitian diatur dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari enam perlakuan (Tabel 1) dan setiap perlakuan diulang sebanyak empat kali.

Tabel 1. Perlakuan Jenis Pakan pada Penelitian Pertumbuhan Populasi dan Perkembangan *T. castaneum*

Kode Perlakuan	Perlakuan Pakan
P1	Beras Ketan Putih Utuh
P2	Beras Ketan Hitam Utuh
P3	Beras Ketan Merah Utuh
P4	Tepung Beras Ketan Putih
P5	Tepung Beras Ketan Hitam
P6	Tepung Beras Ketan Merah

Penelitian pertumbuhan populasi dilakukan dengan menggunakan tabung kaca (d=6,5 cm, t=9,5 cm) yang diisi dengan 30 g pakan sesuai perlakuan dan diinfestasi dengan 15 pasang imago *T. castaneum* yang berumur 7 hingga 14 hari dari hasil perbanyakan missal (Heinrichs *et al.*, 1985). Imago *T. castaneum* diinfestasikan pada beberapa jenis pakan yang berbeda selama 7 hari. Permukaan tabung kaca ditutup dengan kain kasa kemudian tabung kaca tersebut ditempatkan di ruang laboratorium. Imago *T. castaneum* yang telah diinfestasikan selama tujuh hari kemudian dipisahkan dari pakan.

Variabel yang diamati pada penelitian pertumbuhan populasi adalah mortalitas imago infestasi, jumlah telur, jumlah larva, jumlah pupa dan jumlah

imago baru. Pengamatan mortalitas imago *T. castaneum* dilakukan setelah 7 hari infestasi pada masing-masing perlakuan. Penghitungan mortalitas imago dilakukan dengan menuangkan masing-masing pakan berisi imago infestasi pada cawan Petri. Imago *T. castaneum* dikeluarkan dari dalam pakan dan dipisahkan antara imago yang mati dan imago yang hidup. Imago yang telah dipisahkan kemudian dihitung jumlahnya. Rumus untuk menghitung persentase mortalitas imago infestasi *T. castaneum* yaitu sebagai berikut (Gobai *et al.*, 2015):

$$\text{Mortalitas Imago Infestasi} = \frac{\text{Jumlah imago yang mati}}{\text{Jumlah Imago Infestasi}} \times 100 \%$$

Penghitungan jumlah telur, jumlah larva, dan jumlah pupa dilakukan pada 7, 25, dan 28 hari setelah infestasi. Penghitungan imago baru dilakukan setiap hari sejak kemunculan imago baru pertama kali hingga tidak ada imago baru yang muncul. Penghitungan telur pada pakan berupa butiran beras utuh dilakukan dengan menuangkan pakan yang telah terinfestasi pada cawan Petri, kemudian dihitung dengan menggunakan bantuan mikroskop untuk melihat telur dan *hand counter* untuk menghitung jumlah telur. Penghitungan telur pada pakan berupa tepung dilakukan dengan menggunakan bantuan saringan nylon ukuran 80 mesh (0,177 mm). Penghitungan larva, pupa, dan imago juga dilakukan dengan cara yang sama dengan cara penghitungan jumlah telur.

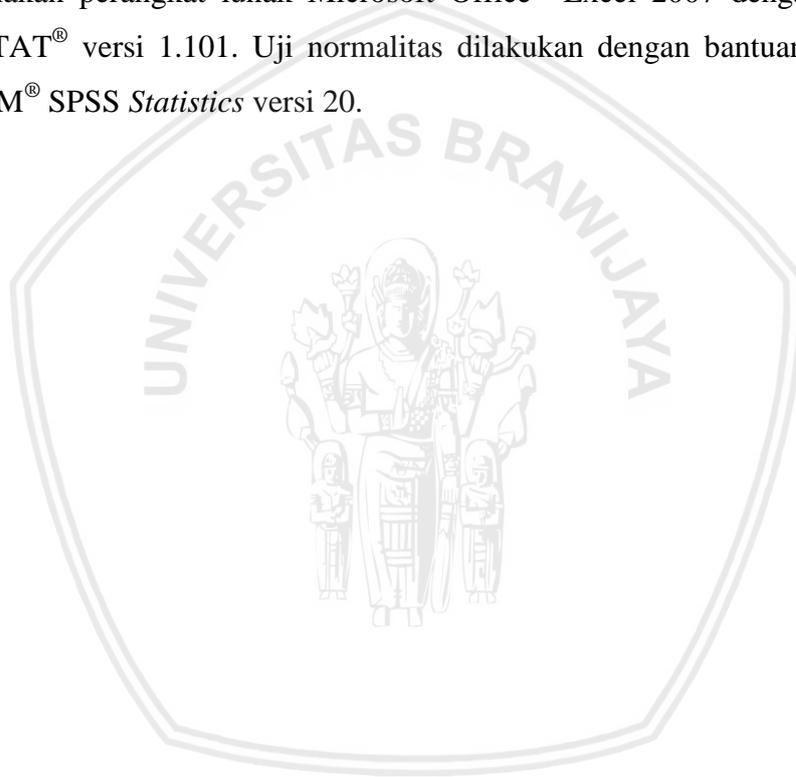
Siklus hidup serangga *T. castaneum* diamati dengan menghitung lama stadium telur, larva, pupa, dan praoviposisi. Pengamatan lama stadium telur dilakukan dengan mengambil 10 butir telur yang diletakkan pada hari yang sama oleh imago *T. castaneum*. Telur yang telah diambil kemudian dipindahkan kedalam 10 tabung kecil (d=3 cm, t=3 cm) dengan menggunakan bantuan kuas dan diberi pakan sesuai perlakuan. Pengamatan stadium telur dilakukan setiap hari dan dilakukan pencatatan waktu hingga telur menetas menjadi larva. Pengamatan stadium larva dilakukan setiap hari sejak larva menetas hingga menjadi pupa. Pengamatan stadium pupa dilakukan setiap hari sejak pupa terbentuk hingga menjadi imago baru. Pengamatan perkembangan serangga *T. castaneum* dilakukan dengan 10 tabung kecil sebagai unit perlakuan dengan 4 kali ulangan.

Pengamatan praoviposisi dan stadium telur dilakukan saat imago baru jantan dan betina yang terbentuk pada hari yang sama dipasangkan hingga imago betina

meletakkan telur pertama kali. Masing-masing tabung perlakuan pada setiap pengamatan diberi label untuk mencatat lama stadium telur, larva, pupa dan praoviposisi.

3.4 Analisis Data

Seluruh data yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf kesalahan 5 %. Apabila hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang nyata antar perlakuan, dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kesalahan 5 % dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Office[®] Excel 2007 dengan program DSAASTAT[®] versi 1.101. Uji normalitas dilakukan dengan bantuan perangkat lunak IBM[®] SPSS *Statistics* versi 20.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Pertumbuhan Populasi *T. castaneum* pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung

Pengamatan pertumbuhan populasi *T. castaneum* terdiri dari pengamatan mortalitas imago infestasi, jumlah telur, jumlah larva, jumlah pupa, dan jumlah imago baru. Pengamatan mortalitas imago infestasi dilakukan pada 7 HSI (Hari Setelah Infestasi). Hasil analisis ragam terhadap mortalitas imago infestasi menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata pada masing-masing pakan (Tabel Lampiran 1). Rerata mortalitas imago infestasi pada enam jenis pakan yang berbeda berkisar antara 3,33 % hingga 9,17 % (Tabel 2).

Tabel 1. Rerata Mortalitas Imago *T. castaneum* pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung

Perlakuan	Mortalitas Imago Infestasi (%) ($\bar{x} \pm SB$)
Beras Ketan Putih Utuh	6,67 \pm 11,22
Beras Ketan Merah Utuh	4,17 \pm 5,00
Beras Ketan Hitam Utuh	8,33 \pm 10,00
Tepung Beras Ketan Putih	3,33 \pm 6,67
Tepung Beras Ketan Merah	9,17 \pm 8,77
Tepung Beras Ketan Hitam	3,33 \pm 4,71

Keterangan: Data ditransformasi dalam bentuk transformasi $\sqrt{x+0,5}$ untuk kepentingan analisis, \bar{x} = rerata, dan SB = Simpangan Baku.

Hasil pengamatan menunjukkan bentuk fisik dari pakan berupa butiran utuh dan tepung tidak mempengaruhi mortalitas imago *T. castaneum* yang telah diinfestasikan pada pakan. Hal tersebut diduga disebabkan kandungan nutrisi dalam pakan sesuai untuk kehidupan imago *T. castaneum*. Berdasarkan hasil analisis proksimat diketahui bahwa kandungan karbohidrat pada pakan berkisar antara 73,02-81,42 %, kandungan protein sebesar 5,05-9,24 %, kandungan lemak sebesar 0,40-4,27 %, dan kandungan abu sebesar 0,44-2,55 %. Hasil analisis proksimat tersebut menunjukkan bahwa pakan berupa beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung mengandung nutrisi yang dibutuhkan serangga yaitu karbohidrat, protein, lemak, dan mineral yang terkandung dalam abu pakan. Menurut Cohen (2015) serangga membutuhkan

nutrisi yaitu protein, karbohidrat, lipid, vitamin dan mineral, serta nutrisi-nutrisi tambahan untuk menunjang kehidupannya.

Masa infestasi serangga yang singkat yaitu selama 7 hari dan penggunaan serangga pada stadium imago yang berumur 1-2 minggu diduga akan memberikan dampak pada kemampuan serangga untuk bertahan hidup. Pada stadium imago, serangga sudah memiliki kemampuan untuk bertahan hidup (*survival*) pada kondisi yang kurang sesuai. Hal tersebut menyebabkan serangga masih dapat bertahan hidup meskipun di infestasikan pada pakan baru. Serangga *T. castaneum* juga diketahui sebagai serangga yang mampu bertahan hidup dalam jangka waktu yang lama terutama pada pakan dan kondisi yang optimum. Lama hidup serangga *T. castaneum* dapat berlangsung 2-3 tahun pada kondisi yang optimum (Kalshoven, 1981; Rees, 2004).

Tabel 2. Rerata Jumlah Telur, Jumlah Larva, Jumlah Pupa, Jumlah Imago Baru *T. castaneum* pada Beras Ketan Putih, Merah, dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung

Bentuk	Perlakuan	Jumlah Telur (Butir) ($\bar{x} \pm SB$)	Jumlah Larva (Ekor) ($\bar{x} \pm SB$)	Jumlah Pupa (Ekor) ($\bar{x} \pm SB$)	Jumlah Imago Baru (Ekor) ($\bar{x} \pm SB$)
Utuh	Beras Ketan Putih	241,5 ± 39,7 a	109,0 ± 12,3 b	7,8 ± 5,3 a	5,3 ± 2,2 a
	Beras Ketan Merah	199,5 ± 13,3 a	55,8 ± 19,2 a	42,8 ± 8,7 bc	42,3 ± 8,8 b
	Beras Ketan Hitam	256,5 ± 62,9 a	123,8 ± 35,2 b	76,8 ± 14,7 c	76,5 ± 14,3 b
Tepung	Beras Ketan Putih	729,3 ± 191,7 b	503,3 ± 40,1 c	19,8 ± 14,2 ab	11,5 ± 9,9 a
	Beras Ketan Merah	914,0 ± 305,7 b	671,3 ± 106,1 d	284,8 ± 118,2 d	276,8 ± 117,7 c
	Beras Ketan Hitam	740,0 ± 166,5 b	512,0 ± 82,1 c	454,3 ± 92,7 e	454,3 ± 92,7 d

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kesalahan 5 %, \bar{x} = rerata, dan SB = Simpangan Baku. Data ditransformasi dalam bentuk \sqrt{x} untuk kepentingan analisis.

Hasil analisis ragam terhadap jumlah telur *T. castaneum* menunjukkan terdapat perbedaan yang sangat nyata pada pakan berupa beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung (Tabel Lampiran 2). Rerata jumlah telur pada pakan tepung beras ketan merah (914,0 butir) lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah telur pada pakan beras ketan putih utuh (241,5 butir),

beras ketan merah (199,5 butir) utuh dan beras ketan hitam utuh (256,5 butir) tetapi tidak berbeda nyata dengan jumlah telur pada pakan tepung beras ketan putih (729,3 butir) dan tepung beras ketan hitam (740,0 butir) (Tabel 3).

Rerata jumlah telur menunjukkan perbedaan yang sangat nyata pada pakan berbentuk tepung dan pakan berbentuk butiran utuh. Hal tersebut diduga disebabkan bentuk fisik pakan berupa tepung lebih disukai oleh serangga *T. castaneum* untuk meletakkan telur karena memiliki partikel yang lebih kecil dan permukaan yang lebih lunak. Menurut Kayode *et al.* (2014) serangga *T. castaneum* dapat bereproduksi dengan cepat pada butiran biji yang telah digiling atau butiran biji yang telah rusak. Kelangsungan hidup, fekunditas, pertumbuhan populasi, dan perkembangan serangga *T. castaneum* lebih tinggi pada pakan berupa tepung jagung kemudian diikuti oleh pecahan butiran jagung, jagung komersil dan jagung dalam bentuk butiran utuh (Li dan Arbogast, 1991).

Kandungan nutrisi pada pakan diduga juga dapat mempengaruhi peletakan telur oleh imago *T. castaneum*. Menurut Robert (1985) imago betina dapat meletakkan 400 hingga 500 telur (rata-rata 450 telur) tergantung kualitas pakan yang diberikan. Tingkat oviposisi dan kemunculan imago baru juga sangat bergantung pada kualitas dan jenis pakan yang disediakan (Ziegler, 1976). Pakan yang mengandung protein yang lebih tinggi dapat menunjang pertumbuhan dan perkembangan *T. castaneum* (Wong dan Lee, 2011). Protein merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan oleh imago betina untuk produksi telur (Chapman, 1998).

Hasil analisis ragam terhadap jumlah larva *T. castaneum* menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata pada pakan berupa beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung (Tabel Lampiran 3). Rerata jumlah larva lebih tinggi pada pakan tepung beras ketan merah (671,3 ekor) yang berbeda nyata dengan rerata jumlah larva pada pakan tepung beras ketan putih (503,3 ekor) dan tepung beras ketan hitam (512,0 ekor). Rerata jumlah larva yang lebih rendah terdapat pada pakan berupa beras ketan merah utuh (55,8 ekor) yang berbeda nyata dengan rerata jumlah larva pada pakan beras ketan putih utuh (109,0 ekor) dan beras ketan hitam utuh (123,8 ekor) (Tabel 3).

Rerata jumlah larva pada pakan tepung beras ketan merah menunjukkan perbedaan yang sangat nyata dengan jumlah larva pada pakan beras ketan merah.

Pakan berupa tepung diduga lebih sesuai dengan aktivitas makan serangga *T. castaneum* terutama pada stadium larva karena pakan yang telah digiling menjadi tepung akan lebih mudah dirusak oleh larva.

Sebaliknya, jumlah larva pada pakan berbentuk butiran utuh lebih rendah dibandingkan dengan jumlah larva pada pakan berbentuk tepung. Hal tersebut diduga disebabkan serangga *T. castaneum* tidak memiliki kemampuan untuk merusak bagian yang keras pada butiran utuh. Larva *T. castaneum* hanya mampu merusak kulit biji (aleuron) dan bagian yang lebih lunak seperti lembaga biji. Hama *T. castaneum* hanya mengakibatkan kerusakan fisik yang relatif kecil pada beras karena serangga *T. castaneum* merupakan *external feeder* yang tidak dapat menyerang butiran utuh, namun dapat memakan butiran yang telah rusak tanpa perlu memasuki bagian dalam butiran (Sarwar, 2013; Dharmaputra *et al.*, 2014). Menurut Sinha dan Watters (1985) dan Lhaloui *et al.* (1988) tingkat kelangsungan hidup *T. castaneum* pada pakan berupa biji gandum lebih rendah dibandingkan dengan tingkat kelangsungan hidup *T. castaneum* pada pakan berupa tepung gandum.

Kemampuan larva *T. castaneum* untuk merusak butiran dipengaruhi oleh kandungan mineral seperti seng (Zn) dan mangan (Mn) yang terdapat pada kutikula mandibula larva. Menurut Morgan *et al.* (2003) kandungan seng (Zn) dan mangan (Mn) ditemukan dalam konsentrasi yang tinggi pada kutikula mandibula larva yang dapat merusak dan masuk ke dalam butiran utuh, tetapi tidak ditemukan pada kutikula mandibula larva yang memakan butiran yang telah rusak baik yang dirusak oleh serangga lain maupun penyebab lainnya. Serangga yang tergolong dalam hama sekunder pada bahan simpanan seperti *T. castaneum*, *Latheticus oryzae*, *Oryzaephilus surinamensis*, dan *Cryptolestes ferrugineus* merupakan contoh serangga yang tidak ditemukan kandungan Zn dan Mn pada kutikula mandibula larva.

Menurut Hall (1970) ukuran butiran, sifat fisik seperti kekerasan butiran, serta komposisi dan nilai gizi yang terkandung dalam pakan juga mempengaruhi perkembangan serangga pada produk dalam simpanan. Selain itu, permukaan biji yang terlalu keras dan bentuk bahan simpanan yang kurang disukai oleh serangga

juga menjadi faktor yang dapat mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan serangga (Yasin, 2009).

Hasil analisis ragam terhadap jumlah pupa *T. castaneum* menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata pada pakan berupa beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung (Tabel Lampiran 4). Rerata jumlah pupa lebih tinggi pada pakan berupa tepung beras ketan hitam (454,3 ekor) dibandingkan dengan rerata jumlah pupa pada pakan tepung beras ketan merah (284,8 ekor) dan tepung beras ketan putih (19,8 ekor). Rerata jumlah pupa lebih rendah pada pakan berupa beras ketan putih utuh (7,8 ekor) dibandingkan dengan rerata jumlah pupa pada pakan beras ketan merah utuh (42,8 ekor) dan beras ketan hitam utuh (76,8 ekor) (Tabel 3).

Rerata jumlah pupa lebih tinggi pada pakan tepung beras ketan hitam dibandingkan dengan rerata jumlah pupa pada pakan tepung beras ketan merah, tepung beras ketan putih, beras ketan putih utuh, beras ketan merah utuh, dan beras ketan hitam utuh. Hal tersebut menunjukkan hasil yang berbeda dengan rerata jumlah telur dan larva yang lebih tinggi pada pakan tepung beras ketan merah. Rerata jumlah pupa yang lebih rendah terdapat pada pakan berupa beras ketan putih dan tepung beras ketan putih. Hal tersebut diduga disebabkan tingginya tingkat kematian larva pada pakan berupa beras ketan putih dan tepung beras ketan putih sehingga dapat mempengaruhi jumlah pupa yang akan terbentuk.

Perbedaan kandungan nutrisi pada masing-masing pakan diduga dapat mempengaruhi proses pembentukan pupa. Salah satu nutrisi yang dapat mempengaruhi kehidupan serangga *T. castaneum* adalah karbohidrat. Berdasarkan hasil analisis proksimat, pakan berupa tepung beras ketan hitam memiliki kandungan karbohidrat yang lebih rendah dibandingkan dengan pakan yang lain yaitu sebesar 73,02 % (Tabel Lampiran 22). Sebaliknya, beras ketan putih dan tepung beras ketan putih memiliki kandungan karbohidrat yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis pakan yang lain. Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa beras ketan putih dan tepung beras ketan putih memiliki kandungan karbohidrat masing-masing sebesar 80,49 % dan 81,42 % (Tabel Lampiran 22).

Kandungan karbohidrat yang terlalu tinggi pada pakan diduga dapat menghambat pertumbuhan serangga *T. castaneum* karena pemanfaatan

karbohidrat oleh serangga tergantung pada jenis karbohidrat dan kemampuan serangga untuk mencerna dan memanfaatkan karbohidrat tersebut. Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan negatif antara jumlah pupa dengan kandungan karbohidrat pada pakan ($r = -0,635$; $P < 0,01$). Berdasarkan hasil penelitian Applebaum (1966) diketahui bahwa mortalitas larva *T. castaneum* pada pakan tepung kentang dengan kandungan 80 % karbohidrat mencapai 100 % pada hari ke 14. Pemanfaatan karbohidrat bagi serangga tergantung pada kemampuan spesies serangga untuk mengubah karbohidrat kompleks seperti polisakarida dan oligosakarida menjadi gula sederhana yang dapat diasimilasi (Patton, 1963).

Kandungan nutrisi yang lain seperti protein, lemak, dan abu juga dapat mempengaruhi pertumbuhan serangga terutama pada stadium pembentukan pupa dan kemunculan imago baru. Serangga membutuhkan protein untuk keperluan struktural yaitu sebagai enzim untuk transportasi dan penyimpanan serta berfungsi sebagai molekul reseptor. Protein terbentuk dari berbagai macam asam amino. Beberapa asam amino terlibat dalam morfogenesis sedangkan *tyrosine* berperan penting untuk sklerotisasi kutikula dan *tryptophan* berfungsi untuk sintesis pigmen visual serangga (Chapman, 2013).

Kandungan lemak pada pakan juga diduga dapat mempengaruhi pertumbuhan serangga *T. castaneum*. Lemak adalah salah satu nutrisi esensial bagi serangga yang terdiri dari asam lemak dan sterol. Serangga tidak dapat mensintesis sterol sehingga sterol harus tersedia dalam pakan yang diberikan. Sterol merupakan hormon *ecdysone* yang berfungsi untuk pergantian kulit serangga (*molting*) sekaligus komponen struktural penting dari membran sel. Perkembangan serangga akan terganggu bahkan serangga akan mati pada saat ekdisis apabila serangga hidup pada pakan yang mengandung sedikit asam lemak (Chapman, 2013).

Kandungan abu dalam pakan juga diduga memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan serangga *T. castaneum*. Abu mengandung beberapa jenis garam mineral utama yang dibutuhkan oleh serangga. Garam mineral utama tersebut hanya dibutuhkan dalam jumlah yang kecil sebagai ko-faktor enzim. Garam mineral memiliki peran penting dalam menentukan permeabilitas membran sel dan sebagai aktivator enzim (Chapman, 2013).

Hasil analisis ragam terhadap jumlah imago baru *T. castaneum* menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata pada pakan berupa beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung (Tabel Lampiran 5). Rerata jumlah imago baru lebih tinggi pada pakan berupa tepung beras ketan hitam (454,3 ekor) dibandingkan dengan rerata jumlah imago baru pada pakan tepung beras ketan merah, tepung beras ketan putih, beras ketan putih utuh, beras ketan merah utuh, dan beras ketan hitam utuh. Rerata jumlah imago baru yang lebih rendah terdapat pada pakan berupa beras ketan putih utuh (5,3 ekor) yang tidak berbeda nyata dengan rerata jumlah imago baru pada pakan tepung beras ketan putih (11,5 ekor), tetapi berbeda nyata dengan rerata jumlah imago baru pada tepung beras ketan merah (276,8 ekor), beras ketan merah utuh (42,3 ekor) dan beras ketan hitam utuh (76,5 ekor) (Tabel 3).

Rerata jumlah imago baru yang lebih tinggi terdapat pada pakan berupa tepung beras ketan hitam dibandingkan dengan lima jenis pakan yang lain. Hal tersebut diduga disebabkan kandungan nutrisi dan bentuk fisik pakan berupa tepung beras ketan hitam lebih sesuai untuk setiap stadium pertumbuhan serangga *T. castaneum*. Hasil uji korelasi menunjukkan hubungan negatif antara jumlah imago baru dengan kandungan karbohidrat ($r = -0,648$, $P < 0,01$), tetapi menunjukkan hubungan yang positif antara jumlah imago baru dengan kandungan protein ($r = 0,628$, $P < 0,01$), kandungan lemak ($r = 0,785$, $P < 0,01$), dan kandungan abu ($r = 0,852$, $P < 0,01$). Berdasarkan hasil analisa proksimat pada pakan diketahui bahwa tepung beras ketan hitam memiliki kandungan karbohidrat (73,02 %) yang lebih rendah dan memiliki kandungan protein (9,24 %), lemak (4,27 %), dan abu (2,55 %) yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis pakan yang lain (Tabel Lampiran 22).

Menurut Inouye dan Lerner (1965) pakan yang berbeda dapat mempengaruhi jumlah populasi serangga hama gudang. Jumlah kumulatif kemunculan imago baru berkurang pada pakan yang memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi, sebaliknya, secara kumulatif jumlah imago baru yang muncul mengalami peningkatan pada pakan yang mengandung >12-13 % protein (Wong dan Lee, 2011). Selain karbohidrat dan protein, kandungan lemak dan abu juga memiliki peran penting dalam pertumbuhan serangga. Lemak dan asam

lemak sebagian besar dimanfaatkan oleh serangga untuk sumber energi, sumber metabolisme serta berfungsi untuk membangun sumber cadangan lemak dan glikogen (Friend, 1958). Lemak, sterol dan fosfolipid berperan sebagai komponen dari membran sel serangga. Fungsi spesifik dari membran sel adalah untuk membantu serangga mensintesis banyak asam lemak dan fosfolipid (Chapman, 1998). Kekurangan lemak pada serangga akan menyebabkan terjadinya gangguan pada pertumbuhan, perkembangan, serta reproduksi serangga (Rockstein, 1978).

Kandungan garam mineral yang terdapat pada pakan juga diduga dapat mempengaruhi kehidupan serangga. Garam mineral banyak terkandung pada abu pakan. Menurut Chapman (2013) beberapa ion logam dibutuhkan sebagai koenzim dan dalam metalloenzim. Salah satu contohnya adalah *molybdenum* (Mo) yang merupakan bagian dari *xantine dehydrogenase* yang terlibat dalam metabolisme purin pada serangga (Nation, 2008). Menurut Chapman (1998) nutrisi yang dibutuhkan serangga harus dalam proporsi seimbang, agar serangga tidak mengalami kegagalan ganti kulit, meletakkan telur, tidak bercahaya (seperti pada kumbang), dan mengalami perubahan warna tubuh.

4.1.2 Perkembangan *T. castaneum* pada Beras Ketan Merah dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung

Pengamatan perkembangan hanya dilakukan pada empat perlakuan jenis pakan yaitu beras ketan merah utuh, beras ketan hitam utuh, tepung beras ketan merah, dan tepung beras ketan hitam. Hal tersebut disebabkan terdapat banyak larva yang tidak dapat terbentuk menjadi pupa dan imago baru pada pengamatan pertumbuhan khususnya pada pakan beras ketan putih utuh dan tepung beras ketan putih. Imago baru yang terbentuk juga mengalami kematian sebelum meletakkan telur pada saat diinfestasikan untuk pengamatan perkembangan.

Hasil analisis ragam terhadap lama stadium telur pada pakan berupa beras ketan merah dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (Tabel Lampiran 6). Rerata lama stadium telur *T. castaneum* lebih cepat pada pakan berupa tepung beras ketan hitam (4,2 hari) yang tidak berbeda nyata dengan lama stadium telur pada pakan tepung beras ketan merah (4,3 hari). Rerata lama stadium telur lebih lambat pada pakan berupa

beras ketan hitam utuh (5,2 hari) yang tidak berbeda nyata dengan lama stadium telur pada pakan beras ketan merah utuh (5,0 hari) (Tabel 4).

Tabel 3. Rerata Stadium Telur, Stadium Larva, Stadium Pupa, Praoviposisi, dan Siklus Hidup *T. castaneum* pada Beras Ketan Merah dan Hitam dalam Bentuk Butiran Utuh dan Tepung

Perlakuan	Stadium Telur (Hari) ($\bar{x} \pm SB$)	Stadium Larva (Hari) ($\bar{x} \pm SB$)	Stadium Pupa (Hari) ($\bar{x} \pm SB$)	Praoviposisi ($\bar{x} \pm SB$)	Siklus Hidup ($\bar{x} \pm SB$)
Beras Ketan Merah Utuh	5,0 \pm 0,1 b	32,6 \pm 0,3 b	7,5 \pm 0,1 c	14,7 \pm 2,7 a	59,8 \pm 2,6 b
Beras Ketan Hitam Utuh	5,2 \pm 0,1 b	31,3 \pm 0,5 ab	7,6 \pm 0,2 c	12,9 \pm 1,7 a	56,9 \pm 2,1 ab
Tepung Beras Ketan Merah	4,3 \pm 0,6 a	30,4 \pm 0,8 a	7,0 \pm 0,2 b	20,6 \pm 4,6 b	62,3 \pm 4,1 b
Tepung Beras Ketan Hitam	4,2 \pm 0,6 a	30,0 \pm 1,5 a	6,4 \pm 0,2 a	11,2 \pm 3,1 a	51,8 \pm 4,5 a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kesalahan 5 %.

Hasil analisis ragam terhadap lama stadium larva pada beras ketan merah dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (Tabel Lampiran 7). Rerata lama stadium larva lebih cepat pada pakan berupa tepung beras ketan hitam (30,0 hari) yang tidak berbeda nyata dengan lama stadium larva pada pakan tepung beras ketan merah (30,4 hari). Rerata lama stadium larva lebih lambat pada pakan berupa beras ketan merah utuh (32,6 hari) yang tidak berbeda nyata dengan lama stadium larva pada pakan beras ketan hitam utuh (31,3 hari) (Tabel 4).

Hasil analisis ragam terhadap lama stadium pupa pada pakan berupa beras ketan merah dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (Tabel Lampiran 8). Rerata lama stadium pupa lebih cepat pada pakan berupa tepung beras ketan hitam (6,4 hari) yang berbeda nyata dengan lama stadium pupa pada pakan tepung beras ketan merah (7,0 hari). Rerata lama stadium pupa lebih lambat pada pakan berupa beras ketan hitam utuh (7,6 hari) yang tidak berbeda nyata dengan lama stadium pupa pada pakan beras ketan merah utuh (7,5 hari) (Tabel 4).

Hasil analisis ragam terhadap periode praoviposisi *T. castaneum* pada beras ketan merah dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (Tabel Lampiran 9). Rerata lama praoviposisi lebih cepat pada pakan berupa tepung beras ketan hitam (11,2 hari) yang berbeda nyata dengan lama praoviposisi pada pakan tepung beras ketan merah (20,6 hari) tetapi tidak berbeda nyata dengan lama praoviposisi pada pakan beras ketan merah (14,5 hari) dan beras ketan hitam (12,9 hari) (Tabel 4).

Hasil analisis ragam terhadap siklus hidup *T. castaneum* pada pakan berupa beras ketan merah dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (Tabel Lampiran 10). Rerata siklus hidup *T. castaneum* lebih cepat pada pakan berupa tepung beras ketan hitam (51,8 hari) dibandingkan dengan siklus hidup *T. castaneum* pada pakan tepung beras ketan merah (62,3 hari), beras ketan merah utuh (59,8 hari) dan beras ketan hitam utuh (56,9 hari) (Tabel 4).

Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa siklus hidup serangga *T. castaneum* berlangsung lebih cepat pada pakan berupa tepung beras ketan hitam dibandingkan dengan tiga jenis pakan yang lain. Hal tersebut diduga disebabkan tepung beras ketan hitam memiliki bentuk fisik pakan dan kandungan nutrisi yang paling sesuai untuk perkembangan serangga *T. castaneum*. Bentuk fisik pakan berupa tepung diduga lebih disukai oleh hama *T. castaneum* untuk meletakkan telur karena dapat melindungi telur dari kerusakan, sebaliknya bentuk fisik pakan berupa butiran utuh diduga kurang sesuai untuk peletakan telur dan perkembangan serangga *T. castaneum*. Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan negatif antara lama stadium telur dengan kekerasan biji ($r = -0,775$, $P < 0,05$). Hal tersebut berkaitan dengan aktivitas makan dari imago *T. castaneum*. Imago *T. castaneum* diketahui tidak dapat merusak biji-bijian utuh secara langsung karena bentuk yang lebih besar dan sifat biji yang keras. Imago *T. castaneum* hanya mampu menyerang bagian yang lunak seperti bagian lembaga dan kulit ari (aleurone). Kemampuan imago *T. castaneum* untuk merusak butiran dipengaruhi oleh kandungan logam mineral yaitu mangan (Mn) yang terdapat pada bagian kutikula mandibula. Kandungan mangan (Mn) tidak ditemukan pada kutikula mandibula larva tetapi ditemukan pada mandibula imago dari beberapa

spesies serangga pemakan biji yaitu *T. castaneum*, *T. molitor*, *L. serricornis*, *L. oryzae*, *C. ferrugineus* dan *S. granaries* (Morgan *et al.*, 2003; Hillerton dan Vincent, 1982). Menurut Li dan Arbogast (1991) imago *T. castaneum* pertama kali meletakkan telur setelah imago tersebut berhasil menembus dan memakan biji-bijian.

Pakan berupa butiran utuh juga lebih sulit untuk dirusak oleh larva karena sifatnya yang keras. Larva terlebih dahulu harus merusak bagian lembaga dan kulit ari (aleurone) dari biji beras terutama pada beras ketan hitam dan beras ketan merah untuk mendapatkan sumber makanan dan nutrisi yang terkandung didalam pakan. Hal tersebut diduga dapat menyebabkan perkembangan serangga *T. castaneum* menjadi lebih lama. Menurut Li dan Arbogast (1991) perkembangan *T. castaneum* pada pakan berupa biji-bijian utuh menjadi terhambat karena menurunnya kemampuan makan larva muda karena larva tersebut perlu menembus bagian luar biji yang keras. Menurut Din *et al.* (2018) perkembangan hama *T. castaneum* pada biji kultivar gandum dipengaruhi oleh kultivar dan ukuran biji gandum.

Kandungan nutrisi yang terkandung dalam pakan juga diduga dapat mempengaruhi lama perkembangan serangga. Menurut Dukic *et al.* (2016) jenis produk tanaman yang disimpan dan gizi yang terkandung di dalam produk tersebut secara signifikan dapat mempengaruhi kecepatan perkembangan dan kelimpahan populasi *T. castaneum*. Sifat fisikokimia pakan dapat memberikan dampak positif untuk mengurangi lama stadium perkembangan serangga dan memberikan dampak negatif dengan meningkatkan tingkat kehilangan produk dalam simpanan (Hamed dan Khattak, 1985; Khattak *et al.* 1999).

Pakan berupa tepung beras ketan hitam diketahui mengandung karbohidrat yang lebih rendah, serta mengandung protein, lemak, dan abu yang lebih tinggi dibandingkan dengan pakan yang lain. Pakan yang mengandung karbohidrat yang lebih tinggi diduga dapat menghambat perkembangan *T. castaneum*. Menurut Wong dan Lee (2011) pakan yang mengandung karbohidrat dalam jumlah yang lebih tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan *T. castaneum* menjadi lebih lambat. Serangga *T. castaneum* lebih sensitif terhadap kandungan nutrisi yang tidak seimbang di dalam pakan.

Perkembangan *T. castaneum* juga dipengaruhi oleh ketersediaan protein dalam tepung. Protein juga merupakan salah satu nutrisi yang penting bagi serangga. Menurut Pimentel *et al.* (1965) protein merupakan salah satu unsur yang sangat penting untuk produksi telur imago betina. Selain karbohidrat dan protein, kolesterol yang merupakan molekul lemak juga dibutuhkan oleh serangga untuk pertumbuhan larva dan oogenesis dan fungsinya mirip seperti hormon *juvenile*. Kolesterol dapat bertindak sebagai prekursor berbagai hormon steroid. Kekurangan sterol pada serangga dapat menyebabkan kekebalan alami serangga terhadap infeksi bakteri menjadi menurun (Patton, 1963).

4.2 Pembahasan Umum

Berdasarkan hasil penelitian pertumbuhan populasi serangga *T. castaneum* pada pakan berupa beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung diketahui bahwa terdapat perbedaan pada hasil analisis ragam mortalitas imago infestasi dengan hasil analisis ragam jumlah telur, jumlah larva, jumlah pupa, dan jumlah imago baru pada pakan beras ketan putih, merah dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung. Hal tersebut diduga disebabkan terdapat faktor lain seperti terjadinya penurunan populasi pada setiap stadium yang dapat diakibatkan oleh ketidaksesuaian bentuk fisik maupun nutrisi pakan untuk pertumbuhan serangga *T. castaneum*.

Hasil analisis ragam terhadap mortalitas imago infestasi diketahui bahwa jenis pakan tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap mortalitas imago *T. castaneum*. Hal tersebut dapat disebabkan pakan yang diberikan berupa beras ketan putih, merah dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung memiliki kandungan nutrisi yang dibutuhkan oleh serangga yaitu karbohidrat, protein, lemak dan mineral yang terdapat pada abu pakan. Nutrisi tersebut dibutuhkan oleh serangga untuk menunjang kehidupannya. Menurut Cohen (2015) serangga membutuhkan nutrisi yaitu protein, karbohidrat, lipid, vitamin dan mineral, serta nutrisi-nutrisi tambahan untuk menunjang kehidupannya. Masa infestasi imago *T. castaneum* yang singkat yaitu selama 7 hari dan penggunaan stadium imago pada saat infestasi diduga juga memberikan dampak pada kemampuan serangga untuk bertahan hidup pada pakan yang kurang sesuai. Serangga *T. castaneum* juga diketahui sebagai serangga yang mampu bertahan hidup dalam jangka waktu yang

lama terutama pada pakan dan kondisi yang optimum. Lama hidup serangga *T. castaneum* dapat berlangsung 2-3 tahun pada kondisi yang optimum (Kalshoven, 1981; Rees, 2004).

Jenis pakan yang berbeda diduga dapat mempengaruhi jumlah telur, jumlah larva, jumlah pupa, dan kemuculan imago baru *T. castaneum*. Perbedaan bentuk fisik dan kandungan nutrisi yang terdapat pada masing-masing pakan dapat mempengaruhi kemampuan serangga untuk berkembang biak pada produk simpanan. Berdasarkan hasil penelitian pertumbuhan populasi diketahui bahwa jumlah telur dan larva yang dihasilkan oleh imago betina *T. castaneum* lebih tinggi pada pakan berupa tepung beras ketan merah, sedangkan jumlah pupa dan imago baru *T. castaneum* yang muncul pada pakan berupa tepung beras ketan hitam lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah pupa dan imago baru pada pakan yang lain.

Hal tersebut diduga disebabkan tepung beras ketan merah dan hitam memiliki kandungan nutrisi yang setara, tetapi kandungan nutrisi pada tepung beras ketan hitam diduga lebih sesuai untuk pertumbuhan karena lebih banyak mengandung protein dan abu yang dapat menunjang pertumbuhan *T. castaneum*. Berdasarkan hasil analisis proksimat tepung beras ketan merah diketahui memiliki kandungan protein sebesar 6,87 % dan abu sebesar 1,63 %, sedangkan tepung beras ketan hitam memiliki kandungan protein 9,24 % dan abu 2,55 % yang lebih tinggi (Tabel Lampiran 22). Menurut Applebaum (1969) serangga *T. castaneum* dapat hidup pada pakan yang mengandung protein tinggi. Protein merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan oleh imago betina untuk produksi telur (Chapman, 1998).

Selain itu, jumlah kematian larva pada pakan beras ketan putih dan tepung beras ketan putih menyebabkan jumlah pupa yang terbentuk mengalami penurunan yang cukup signifikan. Hal tersebut diduga disebabkan kandungan karbohidrat pada beras ketan putih dan tepung beras ketan putih yang terlalu tinggi. Kandungan karbohidrat yang terlalu tinggi pada pakan dapat menghambat pertumbuhan serangga *T. castaneum*. Berdasarkan hasil analisis proksimat diketahui bahwa beras ketan putih dan tepung beras ketan putih memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi yaitu sebesar 80,49 % dan 81,42 %

(Tabel Lampiran 22). Berdasarkan hasil penelitian Applebaum (1966) diketahui bahwa mortalitas larva *T. castaneum* pada pakan tepung kentang dengan kandungan 80 % karbohidrat mencapai 100 % pada hari ke-14.

Bentuk fisik pakan berupa butiran utuh dan tepung diduga juga mempengaruhi pertumbuhan serangga *T. castaneum*. Pakan dalam bentuk tepung diduga lebih disukai oleh serangga *T. castaneum* karena memiliki partikel yang lebih kecil dan lunak sehingga dapat mempengaruhi aktivitas makan serangga terutama pada stadium larva. Hal tersebut menyebabkan jumlah pupa yang terbentuk lebih tinggi pada pakan berbentuk tepung. Pakan berbentuk butiran utuh seperti beras ketan putih, merah, dan hitam memiliki jumlah pupa yang lebih rendah. Berdasarkan hasil analisa kekerasan biji pada tiga jenis beras ketan dalam bentuk butiran utuh diketahui bahwa beras ketan putih utuh memiliki tingkat kekerasan biji yang lebih tinggi (88,56 N) dibandingkan dengan beras ketan merah utuh (80,15 N) dan beras ketan hitam utuh (71,17 N) (Tabel Lampiran 23). Biji yang terlalu keras dapat menghambat aktivitas makan larva sehingga akan berpengaruh terhadap pertumbuhan populasi larva dan pembentukan pupa *T. castaneum*. Menurut Li dan Arbogast (1991) sebagian besar kematian larva instar pertama pada pakan berupa biji-bijian utuh terjadi akibat kekurangan pakan. Hal tersebut disebabkan larva instar pertama tidak mampu menembus bagian biji yang terlalu keras. Larva hanya dapat menembus bagian yang lebih lunak pada biji seperti bagian antara lembaga dan tudung biji.

Kematian larva pada pakan berupa beras ketan putih dan tepung beras ketan putih menyebabkan jumlah pupa dan imago baru yang muncul pada pakan juga mengalami penurunan dan tidak dapat digunakan untuk pengamatan perkembangan. Oleh karena itu pengamatan perkembangan hama *T. castaneum* hanya dapat dilakukan pada empat jenis pakan yaitu beras ketan merah utuh, beras ketan hitam utuh, tepung beras ketan merah, dan tepung beras ketan hitam.

Berdasarkan hasil penelitian pada empat jenis pakan diketahui bahwa lama stadium telur, larva, pupa dan periode praoviposisi serangga *T. castaneum* berlangsung lebih cepat pada pakan berupa tepung beras ketan hitam dibandingkan dengan lama stadium telur, larva, pupa dan periode praoviposisi serangga *T. castaneum* pada pakan tepung beras ketan merah, beras ketan merah

utuh, dan beras ketan hitam utuh. Siklus hidup serangga *T. castaneum* juga diketahui berlangsung lebih cepat pada pakan berupa tepung beras ketan hitam dibandingkan dengan siklus hidup serangga *T. castaneum* pada pakan tepung beras ketan merah. Beras ketan merah utuh, dan beras ketan hitam utuh. Hal tersebut diduga disebabkan faktor fisik dan kandungan nutrisi tepung beras ketan hitam lebih sesuai untuk menunjang perkembangan *T. castaneum*. Berdasarkan hasil analisis proksimat tepung beras ketan hitam diketahui memiliki kandungan protein dan lemak yang lebih tinggi dibandingkan dengan 3 jenis pakan yang lain (Tabel Lampiran 22). Protein merupakan salah satu unsur yang sangat penting untuk produksi telur imago betina (Pimentel *et al.*, 1965). Selain protein, kolesterol yang merupakan molekul lemak juga dibutuhkan oleh serangga untuk pertumbuhan larva dan oogenesis dan fungsinya mirip seperti hormon *juvenile* (Patton, 1963).

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis ragam terhadap pertumbuhan populasi dan pengamatan perkembangan hama *T. castaneum* pada beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung dapat diketahui bahwa pakan berupa tepung beras ketan hitam lebih mudah terinfestasi oleh hama *T. castaneum* dibandingkan dengan jenis pakan yang lain. Sebaliknya, pakan beras ketan putih dan tepung beras ketan putih diduga lebih sulit terinfestasi oleh hama *T. castaneum* pada tempat penyimpanan. Hal tersebut diduga disebabkan bentuk fisik dan kandungan nutrisi pada pakan tepung beras ketan hitam lebih sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan hama *T. castaneum* sehingga jenis pakan tersebut menjadi lebih mudah terinfestasi oleh hama *T. castaneum*. Oleh karena itu pakan berupa beras ketan terutama tepung beras ketan hitam sebaiknya disimpan pada tempat penyimpanan seperti karung maupun stoples yang bersih dan tidak pernah terinfestasi oleh hama gudang serta di simpan pada tempat penyimpanan yang memiliki sirkulasi udara yang baik dan jauh dari sumber kontaminan seperti kotoran maupun sumber infestasi serangga hama gudang. Hal tersebut dapat dilakukan sebagai salah satu tindakan pengendalian preventif yang bertujuan untuk mencegah terjadinya serangan atau infestasi oleh hama gudang termasuk serangga *T. castaneum*. Menurut Koswara (2006) pemasangan konstruksi yang bersifat barrier (penghalang) terhadap serangga dan tikus

(membuat hama tetap berada diluar gedung atau gudang), sanitasi (pembersihan) dan modifikasi lingkungan (misalnya penghilangan sumber makanan dan sumber air) merupakan salah satu tindakan pengendalian yang bersifat mencegah atau preventif untuk menghindari terjadinya infestasi oleh hama gudang.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pertumbuhan populasi dan perkembangan serangga hama *T. castaneum* pada pakan berupa beras ketan putih, merah dan hitam dalam bentuk butiran utuh dan tepung dapat disimpulkan bahwa:

1. Pertumbuhan populasi hama *T. castaneum* lebih tinggi pada pakan berupa tepung beras ketan hitam dibandingkan dengan pakan berupa tepung beras ketan merah, tepung beras ketan putih, beras ketan putih utuh, beras ketan merah utuh, dan beras ketan hitam utuh.
2. Perkembangan hama *T. castaneum* lebih cepat pada pakan berupa tepung beras ketan hitam dibandingkan dengan pakan berupa tepung beras ketan merah, beras ketan merah utuh, dan beras ketan hitam utuh.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sebaiknya beras ketan putih, merah, dan hitam dalam bentuk butiran utuh maupun tepung disimpan pada tempat penyimpanan yang bersih dan memadai untuk menghindari infestasi dari hama gudang. Selain itu, kebersihan tempat, alat, dan bahan yang akan digunakan pada saat penelitian juga perlu diperhatikan untuk menghindari terjadinya kontaminasi oleh kontaminan seperti tungau predator. Penggunaan rak yang berbahan dasar kayu, bahan yang sudah terkontaminasi, serta meletakkan perlakuan penelitian yang telah terkontaminasi di dekat perlakuan penelitian yang tidak terkontaminasi oleh tungau predator perlu dihindari karena dapat mempengaruhi hasil dari penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajayi, F. A. dan S. A. Rahman. 2006. Susceptibility of Some Staple Processed Meals to Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Pak. J. Biol. Sci. 9(9): 1744-1748.
- Andrewartha, H. G. dan L. C. Birch. 1954. The Distribution and Abundance of Animals. University of Chicago.
- Applebaum, S. W. 1966. Digestion Potato Starch by Larvae of The Flour Beetle, *Tribolium castaneum*. Faculty of Agriculture. The Hebrew University. Rehovot. p 235-239.
- Applebaum, S. W. 1969. The Suitability of Groundnuts for The Development of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae). J. Stored Prod. Res. 5(4): 305-310.
- Arbogast, R. T. 1991. Beetles: Coleoptera. p 131-176. Dalam J. R. Gorham (Ed.) Ecology and Management of Food-Industry Pests. FDA Technical Bulletin 4. VA: Association of Analytical Chemist.
- Baldwin, R. dan T. R. Fasulo. 2016. Confused Flour Beetle, *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae) and Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). University of Florida.
- Campbell, J. F. dan C. Runnion. 2003. Patch Exploitation by Female Red Flour Beetles, *Tribolium castaneum*. J. Insect Sci. 3(1): 1-8.
- Chapman, R. F. 1998. The Insect Structure and Function. Harvard University Press. Cambridge. pp 929.
- Chapman, R. F. 2013. The Insect Structure and Function. Cambridge University Press. Cambridge. pp 929.
- Chaudhary, K. D. dan A. Lemonde. 1962. Phosphorus in The Nutrition of *Tribolium confusum* Duval. Can. J. Zool. 40(3): 375-380.
- Cohen, A. C. 2015. Insect Diets Science and Technology 2nd Edition. CRC Press. Boca Raton. pp 439.
- Devi, M. B. dan N. V. Devi. 2015. Biology of Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Biol. Forum. 7(1): 12-15.
- Dharmaputra, O. S., H. Halid, dan Sunjaya. 2014. Serangan *Tribolium castaneum* pada Beras di Penyimpanan dan Pengaruhnya terhadap Serangan Cendawan dan Susut Bobot. Departemen Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor. J. Fitopatologi. 10(4): 126-132.

- Din, N., M. Ashraf, S. Hussain, Z. Iqbal, dan D. Hussain. 2018. Feeding Preference and Biology of *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) in Different Wheat Varieties. *J. Entomol. Zool. Stud.* 6(3): 147-150.
- Dukic, N., A. Radonjic, J. Levic, R. Spasic, P. Kljajic, dan G. Andric. 2016. The Effects of Population Densities and Diet on *Tribolium castaneum* (Herbst) Life Parameters. *J. Stored Prod. Res.* 69: 7-13.
- Fathnoer, V. 2014. Pengaruh Tingkat Kematangan Benih terhadap Vigor dan Viabilitas pada Genotipe Padi Ketan (*Oryza sativa glutinosa*). *Thesis*. Departemen Agroekoteknologi Fakultas Pertanian. Universitas Andalas Padang.
- Fraenkel, G. dan M. Blewett. 1947. The Importance of Folic Acid and Unidentified Members of The Vitamin B Complex in The Nutrition of Certain Insects. *Biochem. J.* 41: 469-475.
- Gobai, M., Oktavianus, dan N. Rochman. 2015. Daya Insektisida Ekstrak Daun Otikai (*Alphitonia* sp.) dan Ekstrak Buah Pinang (*Areca catechu* L.) terhadap Tingkat Kematian Serangga Hama Gudang *Callosobruchus chinensis* L. *J. Agronida* 1(2): 71-82.
- Hall, D.W. 1970. Handling and Storage of Food Grains in Tropics and Subtropics Areas. FAO. Rome. Italy.
- Hamed, M. dan S.U. Khattak. 1985. Red Flour Beetle: Development and Losses in Various Stored Food Stuffs. *Sarhad J. Agric.* 1: 97-101.
- Heinrichs, E. A., E. G. Medrano, dan H. R. Rapusas. 1985. Genetic Evaluation for Insect Resistance in Rice. International Rice Research Institute. Los Banos.
- Hillerton, J. E. dan J. F. V. Vincent. 1982. The Specific Location of Zinc in Insect Mandibles. *J. Exp. Biol.* 101: 333-336.
- Hodges, R. J., R. Robinson, dan D. R. Hall. 1996. Quinone Contamination of Dehusked Rice by *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Stored Prod. Res.* 32: 31-37.
- Howe, R.W. 1956. The Effect of Temperature and Humidity on The Rate of Development and Mortality of *Tribolium castaneum* Herbst. *Ann. Appl. Biol.* 44: 356-368.
- Inouye, N. dan I. M. Lerner. 1965. Competition Between *Tribolium* species (Coleoptera, Tenebrionidae) on Several Diets. *J. Stored Products Res.* 1: 185-191.

- Islam, A. dan S. Roy. 1981. Quantitative Changes of Carbohydrate, Lipid and Protein During The Post-embryonic Development and Metamorphosis of *Tribolium castaneum* and *T. confusum* (Coleoptera; Tenebrionidae: Insecta). Proc. Indian natn. Sci. Acad. (3): 313-320.
- Kalshoven, L. G. E. 1981. The Pest of Crops in Indonesia. Revised by Van der Lan. PT. Ichtiar Baru Van Hoeve. Jakarta. pp 701.
- Karunakaran, C., D. S. Jayas, dan N. D. G. White. 2004. Identification of Wheat Kernels Damaged by The Red Flour Beetle Using X-ray Image. Biosyst. Eng. 87(4): 267-274.
- Kayode, O. E., C. O. Adedire, dan R. O. Akinkurorele. 2014. Influence of Four Cereal Flours on The Growth of *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera;Tenebrionidae). J. Science. 16(3): 505-516.
- Khattak, S. U. K., R. Khatoon, dan M. Wahid, 1999. Insect Attack and Nutritional Losses in Stored Dried Fruits. The Nucleus 6: 113 - 116.
- Koswara, S. 2006. Manajemen Pengendalian Hama dalam Industri Pangan. eBookPangan.com. Diunduh dari <http://tekpan.unimus.ac.id/wp-content/uploads/2013/07/Manajemen-Pengendalian-Hama.pdf> (Diunduh pada tanggal 29 Agustus 2019).
- Koswara, S. 2009. Teknologi Pengolahan Beras (Teori dan Praktek). eBookPangan.com. Diunduh dari <http://tekpan.unimus.ac.id/wp-content/uploads/2013/07/Teknologi-Pengolahan-Beras-Teori-dan-Praktek.pdf> (Diunduh pada tanggal 08 April 2019).
- Lecato, G. L. dan T. L. McCray. 1973. Multiplication of *Oryzaephilus* spp. and *Tribolium* spp. on 20 Natural Product Diets. Environ. Entomol. 2: 176-179.
- Lhaloui, S., D. W. Hagstrum, dan S. Hay. 1988. Combined Influence of Temperature and Moisture on Red Flour Beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) Reproduction on Whole Grain Wheat. J. econ. Ent., 81: 488-489.
- Li, L. dan R. T Arbogast. 1991. The Effect of Grain Breakage on Fecundity, Development, Survival and Population Increase in Maize of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Stored Prod Res. 27: 87-94.
- Lukman, A., D. Anggraini, N. Rahmawati, dan N. Suhaeni. 2013. Pembuatan dan Uji Sifat Fisikokimia Pati Beras Ketan Kampar yang di Prigelatinasi. J. Penelitian Farmasi Indonesia. 1(2): 67-71.
- Mahroof, R. M. dan D.W. Hagstrum. 2012. Biology, Behavior, and Ecology of Insects in Processed Commodities. p 33-44. Dalam Hagstrum, D. W., T. W. Phillips dan G. Cuperus (Eds.). Stored Product Protection. Kansas State Research and Extension. Kansas. pp 350.

- Maimunah, S. 2004. Pengaruh Variasi Dosis Ragi dan Lama Fermentasi terhadap Kadar Glukosa dan Kadar Alkohol pada Tape Ketan Hitam. Skripsi Tidak Diterbitkan. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Islam Negeri. Malang.
- Makarim, A. K. dan E. Suhartatik. 2009. Morfologi dan Fisiologi Tanaman Padi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi.
- Mangoendihardjo, S. 1978. Hama-hama Tanaman Pertanian di Indonesia III (pada Bahan dalam Simpanan). Fakultas Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Mangoendihardjo, S. 1983. Hama-hama Pasca Panen. Fakultas Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Morgan, T. D., P. Baker, K. J. Kramer, H. H. Basibuyuk, dan D. L. Quicke. 2003. Metals in Mandibles of Stored Product Insect: do Zinc and Manganese Enhance the Ability of Larvae to Infest Seed?. J. Stored Prod. Res. 39: 65-75.
- Nation, J. L. 2008. Insect Physiology and Biochemistry Second Edition. CRC Press. London. pp 560.
- Patton, R. L. 1963. Introductory Insect Physiology. W.B. Saunders Company. London. pp 245.
- Pimentel, D., E. H. Feinberg, P. W. Wood, dan J. T. Hayes. 1965. Selection, Spatial Distribution and The Coexistence of Competing by Species. Am. Nat. 99: 97-109.
- Poedjiadi, A. 1994. Dasar-dasar Biokimia. UI Press. Jakarta.
- Prasmitha, H. S., J. Muchlisyyah, T. D. Widyaningsih, dan S. W. Purbasari. 2017. Identifikasi Kandungan Asam Fenolat dan Aktivitas Antioksidan Beras Ketan Merah (*Oryza sativa* var. *Glutinosa*). J. Teknologi Pertanian. 8(1): 45-52.
- Rees, D. 2004. Insects of Stored Products. CSIRO Publishing. Collingwood.
- Rizqoh, N. M. 2018. Pertumbuhan Populasi dan Perkembangan *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) pada Beras Putih, Merah dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Robert, E. P. 1985. Fundamentals of Applied Entomology. Macmillan Publishing Company. United State of America.
- Rockstein, M. 1978. Biochemistry of Insect. Academic Press Inc. New York. pp 666.

- Sarwar, M. 2015. Categorization of Some Advanced Local Wheat Lines Against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). IJLSCI. 1(3): 108-113.
- Setyaningsih, W. N. Hidayah, I. E. Saputro, M. P. Lovillo, dan C. G. Barroso. 2015. Study of Glutinous and Non Glutinous Rice (*Oryza sativa*) Varieties on Their Antioxidant Compounds. International conference on Plant, Marine and Environmental Sciences (PMES-2015).
- Shazali, M.E.H. 1982. The Biology and Population Ecology of Four Insect Pests of Stored Sorghum with Particular Reference to Competition and Succession. Thesis. University of Reading. United Kingdom.
- Sinha, R. N., F. L. Watters. 1985. Insect Pests of Flour Mills, Grain Elevators, and Feed Mills and Their Control. Agriculture Canada Publication 1776 E. Canadian Government Publishing Centre. Ottawa.
- Sjam, S. 2014. Hama Pascapanen dan Strategi Pengendaliannya. IPB Press. Bogor
- SNI. 2009. Tepung Beras. Badan Standarisasi Nasional (BSN). Diunduh dari kupdf.net/download/sni-3549-2009_59e9484f08bbc5b043e65307_pdf (Diunduh pada tanggal 08 April 2019).
- Sokoloff, A. 1972. The Biology of *Tribolium* with Special Emphasis on Genetic Aspects. Oxford University Press. Ely House. London. 1: 300.
- Sokoloff, A., I. R. Franklin, L. F. Overton, dan F. K. Ho. 1966. Comparative Studies with *Tribolium* (Coleoptera, Tenebrionidae) – I: Productivity of *T. castaneum* (Herbst) and *T. confusum* Duv. on Several Commercially-available Diets. J. Stored Prod. Res. 1: 295-311.
- Sreeramoju, P., M. S. K. Prasad, dan V. Lakshmipathi. 2016. Complete Study of Life Cycle of *Tribolium castaneum* and its Weight Variations in the Developing Stages. IJPAES. 6(2): 95-101.
- Supriyanto, S. 2016. Pengeluaran untuk Konsumsi Penduduk Indonesia per Provinsi Berdasarkan Hasil Susenas Maret 2016. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Suriani. 2015. Analisis Proksimat pada Beras Ketan Varietas Putih (*Oryza sativa glutinosa*). Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Alauddin Makassar. J. Al-Kimia 3(1): 92-102.
- Swetman, A. 2002. Food Processing and Preservation. p 360-422. Dalam Golob, P., G. Farrell, dan J. E. Orchard (Eds.). Crop Post-Harvest: Science and Technology, Volume 1 Principles and Practice. Blackwell Science. Oxford.

- Tuankotta, A., N. Kurniaty, dan A. Arumsari. 2015. Perbandingan Kadar Protein pada Tepung Beras Putih (*Oryza sativa* L.), Tepung Beras Ketan Hitam (*Oryza sativa* L. Glutinosa), dan Tepung Sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.) dengan Menggunakan Metode Kjeldahl. Prosiding Penelitian SPeSIA. 109-114.
- Vanderzant, E. S. 1974. Development Significance and Application of Artificial Diets for Insects. *Annu. Rev. Entomol.* 19: 139-160.
- Wadsworth, J. I. 1991. Milling. p 347-388. Dalam Luh, B. S. (Ed.). *Rice Production Volume I 2nd Edition*. Springer Science Business Media. New York.
- Wagiman, F. X. 2016. Hama Pasca Panen dan Pengelolaannya. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Wagiman, F. X., K. S. S. W. Praba, dan S. Tarmadja. 1999. Asosiasi *Sitophilus oryzae* (Col: Curculionidae) dan *Tribolium castaneum* (Col: Tenebrionidae) dalam Beras: Pertumbuhan Populasi dan Kerusakan Beras. *J. Perlindungan Tanaman Indonesia*. 5(1): 30-34.
- Weston, P. A. dan P. L. Rattlingourd. 2000. Progeny Production by *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) on Maize Previously Infested by *Sitotroga cerealla* (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Econ. Entomol.* 93: 533-536.
- Winarno, F. G. 1984. Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Yasin, M. 2009. Kemampuan Akses Makan Serangga Hama Kumbang Bubuk dan Faktor Fisiokimia yang Mempengaruhi. Prosiding Seminar Nasional Serealia. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamental of Rice Crop Science*. International Rice Research Institute. Los Banos.
- Ziegler, J. R. 1976. Evolution of the Migration Response: Emigration by *Tribolium* and the Influence of Age. *Evolution* 30: 579-592.