

**KEPEKAAN BERBAGAI JENIS PAKAN TERHADAP
Callosobruchus maculatus (Fabricius) (Coleoptera:
Chrysomelidae)**

Oleh

LUTHFIANA NAFISAH



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

**KEPEKAAN BERBAGAI JENIS PAKAN TERHADAP
Callosobruchus maculatus (Fabricius) (Coleoptera:
Chrysomelidae)**



**OLEH
LUTHFIANA NAFISAH
1550402001111195**

**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 sepengetahuan 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

Luthfiana Nafisah



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Kepekaan Berbagai Jenis Pakan terhadap
Callosobruchus maculatus (Fabricius)
(Coleoptera: Chrysomelidae)

Nama Mahasiswa : Luthfiana Nafisah
NIM : 155040200111195
Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan
Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama,

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

Mengetahui,

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



Dr. Akhmad Rizali, SP., M.Si.
NIP. 201405 770415 1 001

Penguji II



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

Penguji III



Lugman Qurata Aini, SP., M.Si., Ph.D.
NIP. 19720919 199802 1 001

Tanggal Lulus: 01 AUG 2019



*To my family, Father, Mother and
Little Sister, for all the faith and
confidence they placed in me*



RINGKASAN

Luthfiana Nafisah. 155040200111195. Kepekaan Berbagai Jenis Pakan terhadap *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae). Dibawah Bimbingan Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. sebagai Pembimbing Utama

Kebutuhan akan komoditas berbagai jenis kacang semakin meningkat. Akan tetapi hal tersebut tidak diimbangi dengan penanganan yang baik pada kegiatan pascapanen khususnya pada tempat penyimpanan. Salah satu hama bangsa kumbang yang menyerang komoditas kacang dalam simpanan adalah *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae). Serangga *C. maculatus* dapat menyebabkan kerusakan pada kuantitas dan kualitas pakan baik di lapangan maupun di tempat penyimpanan. Cara pengendalian yang umum dilakukan di tempat penyimpanan meliputi sanitasi, modifikasi lingkungan, penggunaan desikan, penggunaan agen biologi, termasuk penggunaan insektisida sintetis yang ternyata dapat menimbulkan masalah baru seperti matinya organisme non target. Untuk mengurangi kehilangan hasil dan ketergantungan yang berlebihan terhadap insektisida kimia, perlu dilakukan alternatif pengendalian lain seperti penggunaan varietas tahan. Penelitian tentang kepekaan berbagai jenis kacang terhadap serangan *C. maculatus* masih belum banyak dilakukan di Indonesia. Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui kepekaan berbagai jenis pakan terhadap serangan hama *C. maculatus*.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hama Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang pada bulan Mei sampai dengan Agustus 2019. Penelitian ini menggunakan enam jenis pakan sebagai perlakuan yang meliputi kacang hijau, kacang hijau kupas, kacang tunggak, kacang adzuki, kacang merah, dan kacang lentil. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis ragam (*Analysis of Variance*) pada taraf kesalahan 5%.

Serangga *C. maculatus* memiliki respon pertumbuhan dan perkembangan yang berbeda pada enam jenis pakan. Terdapat beberapa variabel yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kepekaan biji kacang terhadap serangan *C. maculatus* diantaranya yaitu jumlah telur, jumlah imago yang muncul, rerata lama perkembangan, lama hidup imago dan persentase penurunan berat pakan. Hasil perhitungan indeks kepekaan menunjukkan bahwa kacang tunggak, kacang hijau dan kacang adzuki termasuk dalam kategori sangat peka, kacang hijau kupas termasuk kategori peka, kacang lentil termasuk dalam kategori agak tahan dan kacang merah termasuk dalam kategori yang tahan terhadap serangan *C. Maculatus*.

SUMMARY

Luthfiana Nafisah. 155040200111195. Susceptibility of Various Types of Diets to *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae). Supervised by Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.

The needs of beans commodity is gradually increasing, but the control over postharvest activity was imbalance, especially in storing the products. The most common damage in storage is caused by storage pests, namely *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae) in which specifically attack beans. Storage pest *C. maculatus* can cause damage on both quantity and quality of beans whether in the field or in the storage. The most common of pest controlling methods in the storage include sanitation, environmental modification, use of desiccants, use of biological agents, including the use of synthetics insecticide which can kill non-target organisms. To reduce the yield losses and excessive dependence on chemical insecticides, other control alternatives such as the use of resistant varieties need to be done. Research of susceptibility of various types of diets to *C. maculatus* in several types of diets in Indonesia is still limited. This research aimed to examine the susceptibility of various types of diets to *C. maculatus*.

The research was conducted in the Plant Pest Laboratory, Department of Plant Pest and Diseases, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang from May to August 2019. This research used six types of diets as a treatment including mung beans, peeled mung beans, cowpea, adzuki beans, red kidney beans and lentils. The data was analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) at 5% of error levels.

The result of this research showed that *C. maculatus* had different growth and development responses in six types of diets. There were several variables that can be used to determine the category of susceptibility of various types of diets to *C. maculatus* attack including number of eggs, number of adults emergence, average length of development, adults longevity and the percentage of weight loss. The susceptibility index showed that cowpea, mung beans and adzuki beans were categorized as high susceptible, while peeled mung beans and adzuki beans were categorized as susceptible. Lentils were categorized as moderate resistant and red kidney beans was resistant to *C. maculatus* attack.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat, dan ma'unah-Nya sehingga penulis dapat menyusun skripsi yang berjudul “Kepekaan Berbagai Jenis Pakan terhadap *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae)”.

Penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing, mengarahkan dan memberikan nasehatnya kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
2. Ayah, Ibu dan adik tercinta sebagai motivasi utama yang tak henti-hentinya selalu memberikan dukungan dan doa bagi penulis dalam menyelesaikan studi.
3. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam bentuk apapun yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi banyak pihak dan dapat memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang pertanian.

Malang, Agustus 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Tanggir, Kecamatan Singgahan, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur pada tanggal 07 Maret 1997 sebagai putri pertama dari Bapak Edy Sunoto dan Ibu Dewi Mustaqimah. Penulis memiliki satu saudari perempuan.

Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Islam Tuban (2003-2009). Kemudian melanjutkan pendidikan di MTsN Tuban (2009-2012). Lalu penulis melanjutkan pendidikan di SMA Darul Ulum 2 Unggulan BPPT Jombang (2012-2015). Selanjutnya penulis menjadi mahasiswa Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya pada tahun 2015 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama aktif sebagai mahasiswa penulis pernah mengikuti kegiatan magang kerja di PT. Indmira, Sleman, Yogyakarta. Penulis pernah mengikuti kegiatan Musyawarah Nasional Himpunan Mahasiswa Perlindungan Tanaman Indonesia (Munas HMPTI) di Yogyakarta (2018) dan pernah mendapatkan juara 1 kompetisi essay nasional Muswil III Forum Mahasiswa Agroekoteknologi Indonesia (FORMATANI) (2019). Selama menjadi mahasiswa Fakultas Pertanian, Penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Dasar Perlindungan Tanaman (2016), Manajemen Hama dan Penyakit Terpadu (2018) dan Pertanian Berlanjut (2018). Penulis pernah menjadi Sobat Mengabdi dalam kegiatan Brawijaya Mengajar Periode V (2017). Selain itu, Penulis juga pernah mengikuti kegiatan organisasi diantaranya yaitu menjadi Bendahara Umum II Himpunan Mahasiswa Perlindungan Tanaman (HIMAPTA) (2018), Bendahara Pelaksana kegiatan Eksplorasi Potensi dan Kreativitas (EKSPEDISI) (2016), Bendahara Pelaksana kegiatan Klinik Tanaman (KLINTAN) (2017), *Steering Committee* kegiatan Klinik Tanaman (KLINTAN) (2018), Bendahara Pelaksana *Upgrading* HIMAPTA (2018), anggota divisi Konsumsi Halal Bi Halal (2018) dan anggota divisi Konsumsi ARTHROPODA (2018).

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Hipotesis Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Klasifikasi <i>Callosobruchus maculatus</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2 Bioekologi <i>Callosobruchus maculatus</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3 Arti Penting <i>Callosobruchus maculatus</i> ..	Error! Bookmark not defined.
2.4 Deskripsi Berbagai Jenis Kacang.....	Error! Bookmark not defined.
2.5 Peranan Nutrisi Pakan dalam Kehidupan Serangga	Error! Bookmark not defined.
2.6 Mekanisme Ketahanan Tanaman terhadap Serangga	Error! Bookmark not defined.
III. METODE PELAKSANAAN.....	Error! Bookmark not defined.
3.1 Tempat dan Waktu.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Alat dan Bahan.....	Error! Bookmark not defined.
3.3 Metode Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.4 Analisis Data.....	Error! Bookmark not defined.
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Pertumbuhan Populasi dan Perkembangan <i>Callosobruchus maculatus</i> pada Beberapa Jenis Kacang ..	Error! Bookmark not defined.
4.2 Pembahasan Umum	Error! Bookmark not defined.

V. KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Komposisi Kimia Biji Kacang Tunggak Per 100 g Error! Bookmark not defined.	
2.	Komposisi Kimia Biji Kacang Hijau Per 100 g..... Error! Bookmark not defined.	
3.	Komposisi Kimia Biji Kacang Adzuki Per 100 g.. Error! Bookmark not defined.	
4.	Komposisi Kimia Biji Kacang Merah Per 100 g ... Error! Bookmark not defined.	
5.	Komposisi Kimia Biji Kacang Lentil Per 100 g Error! Bookmark not defined.	
6.	Perlakuan Pakan Menggunakan Beberapa Jenis Pakan Error! Bookmark not defined.	
7.	Kategori Indeks Kepekaan..... Error! Bookmark not defined.	
8.	Rerata Jumlah Telur <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 6 Jenis Pakan Error! Bookmark not defined.	
9.	Rerata Jumlah Imago Baru <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan..... Error! Bookmark not defined.	5
10.	Rerata Jumlah Imago Jantan dan Betina, Serta <i>Sex Ratio</i> <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan Error! Bookmark not defined.	
11.	Rerata Stadium Telur, Larva dan Pupa <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan Error! Bookmark not defined.	
12.	Lama Hidup Imago <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan Error! Bookmark not defined.	
13.	Rerata Fekunditas dan Fertilitas Telur <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan Error! Bookmark not defined.	
14.	Rerata Praoviposisi <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan Error! Bookmark not defined.	
15.	Rerata Siklus Hidup <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 4 Jenis Pakan Error! Bookmark not defined.	
16.	Rerata Penurunan Berat Pakan Akibat Serangan <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 6 Jenis Pakan..... Error! Bookmark not defined.	

17. Rerata Nilai dan Kategori Indeks Kepekaan 6 Jenis Pakan **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran

Nomor	Teks	Halaman
1.	Hasil Analisis Proksimat 6 Jenis Pakan ...	Error! Bookmark not defined.
2.	Hasil Uji Total Fenol 6 Jenis Pakan.....	Error! Bookmark not defined.
3.	Hasil Uji Kekerasan Biji 6 Jenis Pakan ...	Error! Bookmark not defined.
4.	Analisis Ragam Jumlah Telur <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 6 Jenis Pakan	Error! Bookmark not defined.
5.	Analisis Ragam Jumlah Imago <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan	Error! Bookmark not defined.
6.	Analisis Ragam Jumlah Imago Jantan <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan	Error! Bookmark not defined.
7.	Analisis Ragam Jumlah Imago Betina <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan	Error! Bookmark not defined.
8.	Analisis Ragam Penurunan Berat Pakan Akibat Serangan <i>Callosobruchus maculatus</i>	Error! Bookmark not defined.
9.	Analisis Ragam Stadium Telur dalam <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan	Error! Bookmark not defined.
10.	Analisis Ragam Stadium Larva <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan	Error! Bookmark not defined.
11.	Analisis Ragam Stadium Pupa <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 4 Jenis Pakan	Error! Bookmark not defined.
12.	Analisis Ragam Lama Hidup Imago Jantan <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan.....	Error! Bookmark not defined.
13.	Analisis Ragam Lama Hidup Imago Betina <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan.....	Error! Bookmark not defined.
14.	Analisis Ragam Fekunditas <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan.....	Error! Bookmark not defined.
15.	Analisis Ragam Fertilitas <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan.....	Error! Bookmark not defined.
16.	Analisis Ragam Praoviposisi <i>Callosobruchus maculatus</i> pada 5 Jenis Pakan	Error! Bookmark not defined.

17. Analisis Ragam Siklus Hidup *Callosobruchus maculatus* pada 4 Jenis Pakan**Error! Bookmark not defined.**
18. Matriks Koefisien Korelasi Pearson (r) antara Karakter Fisikokimia 6 Jenis Pakan dengan Jumlah Telur, Jumlah Imago Baru, Penurunan Berat Pakan dan Indeks Kepekaan**Error! Bookmark not defined.**
19. Matriks Koefisien Korelasi Pearson (r) antara Karakter Fisikokimia 6 Jenis Pakan dengan Siklus Hidup, Lama Hidup Imago Jantan dan Lama Hidup Imago Betina..... **Error! Bookmark not defined.**
20. Matriks Koefisien Korelasi Pearson (r) antara Penurunan Berat Pakan dengan Jumlah Imago Baru dan Indeks Kepekaan..... **Error! Bookmark not defined.**
21. Rerata Suhu Udara Harian Laboratorium Hama Jurusan HPT, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya**Error! Bookmark not defined.**
22. Rerata Kelembaban Udara Relatif Laboratorium Hama Jurusan HPT, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya**Error! Bookmark not defined.**

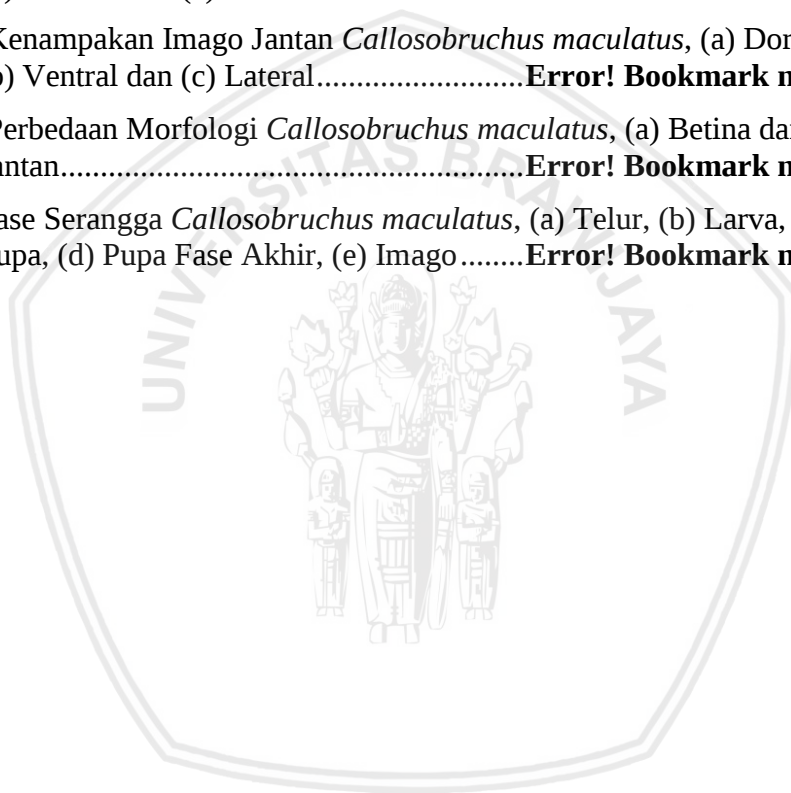
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Beberapa Butir Telur <i>Callosobruchus maculatus</i> pada Permukaan Biji Kacang Hijau Error! Bookmark not defined.	
2.	Larva <i>Callosobruchus maculatus</i> (a) Instar 1, (b) Instar 2, (c) Instar 3 dan (d) Instar 4..... Error! Bookmark not defined.	
3.	Pupa <i>Callosobruchus maculatus</i> (a) Jantan dan (b) Betina Error! Bookmark not defined.	
4.	Duri pada Femur <i>Callosobruchus maculatus</i> , (a) Bagian Luar dan (b) Bagian Dalam Error! Bookmark not defined.	
5.	Perbedaan Morfologi Imago <i>Callosobruchus chinensis</i> (a) Betina, (b) Jantan dan Imago <i>Callosobruchus maculatus</i> (c) Betina, (d) Jantan Error! Bookmark not defined.	
6.	Perbedaan Morfologi Antena <i>Callosobruchus chinensis</i> (a) Betina, (b) Jantan dan Antena <i>Callosobruchus maculatus</i> (c) Betina, (d) Jantan Error! Bookmark not defined.	

Nomor	Lampiran	Halaman
-------	----------	---------

Teks

1. Enam Jenis Pakan yang Digunakan dalam Penelitian (a) Kacang Adzuki, (b) Kacang Merah, (c) Kacang Hijau, (d) Kacang Hijau Kupas, (e) Kacang Tunggak dan (f) Kacang Lentil . **Error! Bookmark not defined.**
2. Gejala Kerusakan Berupa Terbentuknya Liang Bekas Gerakan pada Beberapa Jenis Pakan oleh *Callosobruchus maculatus* (a) Kacang Lentil, (b) Kacang Adzuki, (c) Kacang Hijau, (d) Kacang Tunggak, (e) Kacang Hijau Kupas dan (f) Kacang Merah..... **Error! Bookmark not defined.**
3. Kenampakan Imago Betina *Callosobruchus maculatus*, (a) Dorsal, (b) Ventral dan (c) Lateral.....**Error! Bookmark not defined.**
4. Kenampakan Imago Jantan *Callosobruchus maculatus*, (a) Dorsal, (b) Ventral dan (c) Lateral.....**Error! Bookmark not defined.**
5. Perbedaan Morfologi *Callosobruchus maculatus*, (a) Betina dan (b) Jantan.....**Error! Bookmark not defined.**
6. Fase Serangga *Callosobruchus maculatus*, (a) Telur, (b) Larva, (c) Pupa, (d) Pupa Fase Akhir, (e) Imago**Error! Bookmark not defined.**



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kacang-kacangan merupakan komoditas yang penting di bidang pertanian dan merupakan sumber pangan terpenting kedua setelah sereal (Blair *et al.*, 2015). Kacang termasuk salah satu hasil bumi yang banyak ditanam oleh petani di Indonesia setelah komoditas padi, jagung dan singkong (Cambon dan Rachaputi, 2012). Kacang memiliki kandungan gizi dan serat yang baik untuk kesehatan dan merupakan sumber protein dengan kandungan yang tinggi (20-25 g per 100 g kacang) (Dostalova *et al.*, 2009). Selain dikonsumsi secara langsung kacang juga dapat dimanfaatkan menjadi minyak goreng, pakan ternak, selai kacang dan sebagai sumber bahan bakar (Cambon dan Rachaputi, 2012).

Kebutuhan akan komoditas berbagai jenis kacang diketahui semakin meningkat hal ini berbanding lurus dengan kesadaran masyarakat akan pemenuhan kebutuhan gizi (Ariani, 2005). Akan tetapi hal tersebut tidak diimbangi dengan penanganan yang baik pada kegiatan pascapanen sehingga terjadi kerusakan selama proses penyimpanan. Kerusakan tersebut dapat berupa kerusakan fisik, kimia, mekanik, biologi dan mikrobiologi. Penyebab kerusakan yang sering terjadi pada tempat penyimpanan adalah serangan hama gudang (Lopulalan, 2010).

Banyak serangga hama yang menyerang pada tempat penyimpanan, namun keberadaannya tidak diperhatikan hingga jumlahnya melimpah dan menyebabkan kerugian baik dalam hal kualitas maupun kuantitas (Shankar dan Abrol, 2012). Serangga yang dapat ditemukan pada tempat penyimpanan biji-bijian di daerah tropis diantaranya termasuk dalam bangsa kumbang (Coleoptera) dan ngengat (Lepidoptera) (Proctor, 1994). Diantara hama bangsa kumbang yang menyerang biji-bijian dalam simpanan adalah *Callosobruchus maculatus* (F.), *Callosobruchus chinensis* (L.), *Sitophilus oryzae* (L.), *Rhyzopertha dominica* (F.), *Prostephanus truncatus* (Horn), *Lasioderma serricorne* (F.), *Acantoscelides obtectus* (Say.), *Zabrotes subfasciatus* Boheman, *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Tribolium castaneum* (Herbs.) dan *Cryptolestes* spp. (Proctor, 1994; Fatima, 2016).

Serangga *C. maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) adalah hama yang bersifat polifag dan kosmopolitan (Haouel-Hamdi *et al.*, 2017). Hama ini dilaporkan menyerang berbagai jenis kacang seperti kacang polong, kacang arab, kacang hijau,

kacang lentil dan kacang fava (Kazemi *et al.* 2009). Dilaporkan bahwa Serangga *C. maculatus* memiliki kecenderungan untuk memilih biji dengan karakteristik permukaan biji yang luas dan licin sebagai inangnya (Sharma, 2016). Kerusakan yang disebabkan oleh *C. maculatus* meliputi kerusakan di lapangan dan di tempat penyimpanan sehingga menimbulkan susut bobot, mengurangi kemampuan biji dalam berkecambah, menyebabkan rendahnya viabilitas biji, mengurangi kandungan nutrisi dan selanjutnya infestasi secara tidak langsung dapat memicu tumbuhnya jamur (Rees, 2004; Haouel-Hamdi *et al.*, 2017).

Tempat penyimpanan biji-bijian (gudang) memerankan peran penting dalam mencegah kehilangan hasil yang ditimbulkan oleh hama (Proctor, 1994). Cara pengendalian yang umum dilakukan di tempat penyimpanan meliputi sanitasi, modifikasi lingkungan, penggunaan desikan, penggunaan agen biologi, termasuk penggunaan insektisida sintetis yang ternyata dapat menimbulkan masalah baru seperti matinya organisme non target (Shankar dan Abrol, 2012; El-Heneidy *et al.*, 2015).

Untuk mengurangi kehilangan hasil dan ketergantungan yang berlebihan terhadap insektisida kimia, perlu dilakukan alternatif pengendalian lain seperti penggunaan varietas tahan (Badii *et al.*, 2013). Penelitian mengenai kepekaan kacang tunggak, kacang hijau kupas, kacang hijau, kacang adzuki, kacang merah dan kacang lentil terhadap serangan hama *C. maculatus* belum banyak dilakukan di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian mengenai kepekaan berbagai jenis kacang terhadap serangan hama *C. maculatus* perlu dilakukan sehingga hasilnya dapat dijadikan dasar dalam pengelolaan hama pascapanen khususnya *C. maculatus* di tempat penyimpanan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat kepekaan enam jenis kacang (kacang tunggak, kacang hijau kupas, kacang hijau, kacang adzuki, kacang merah, dan kacang lentil) terhadap serangan hama *C. maculatus* berdasarkan indeks kepekaan.

1.2 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah kacang tunggak, kacang hijau dan kacang adzuki lebih peka terhadap serangan hama *C. maculatus* dibandingkan kacang merah, kacang lentil dan kacang hijau kupas.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai tingkat kepekaan kacang tunggak, kacang hijau kupas, kacang hijau, kacang adzuki, kacang merah dan kacang lentil terhadap serangan hama *C. maculatus* sehingga dapat dijadikan dasar dalam pengelolaan hama gudang di tempat penyimpanan.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi *Callosobruchus maculatus*

Serangga *Callosobruchus maculatus* yang dikenal dengan sebutan *cowpea weevil* atau kumbang kacang tunggak ini memiliki sinonim nama *Bruchus quadrimaculatus* Fabricius 1792 (Hagstrum dan Subramanyam, 2009). Serangga ini termasuk dalam Kingdom: Animalia, Filum: Arthropoda, Kelas: Insekta, Ordo: Coleoptera, Famili: Chrysomelidae, Subfamili: Bruchinae, Genus: *Callosobruchus*, Spesies: *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Kingsolver, 2004 dalam ITIS 2019). Sebelum diklasifikasikan ke dalam Famili Chrysomelidae, serangga *C. maculatus* tergolong dalam Famili Bruchidae (Rees, 2004).

2.2 Bioekologi *Callosobruchus maculatus*

Serangga *C. maculatus* atau yang disebut sebagai *cowpea weevil* (Rees, 2004) merupakan salah satu hama penting yang menyebabkan kerusakan pada kacang. Serangga ini tergolong serangga holometabola yang bermetamorfosis secara lengkap dengan melalui fase telur, larva, pupa dan imago (Baributsa *et al.*, 2013).

Telur *C. maculatus*

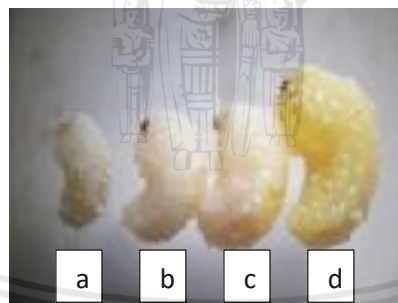
Imago betina *C. maculatus* meletakkan telur secara tunggal pada permukaan biji (Rees; 2004). Akan tetapi tidak menutup kemungkinan adanya lebih dari satu butir telur yang diletakkan dalam satu butiran (Gambar 2) (Devi dan Devi, 2014). Telur yang baru diletakkan berwarna transparan yang selanjutnya berubah menjadi kekuning-kuningan dan terdapat bintik hitam yang merupakan kepala larva apabila hampir menetas (Fatima *et al.*, 2016; Haouel-Hamdi *et al.*, 2018). Telur *C. maculatus* memiliki bentuk lonjong dan berukuran $\pm 0,57$ mm. Stadium telur berkisar antara 4-5 hari pada suhu 28 °C (Kardiyono, 2012). Ketika telur menetas warna telur berubah menjadi putih yang mendandakan adanya *frass* atau kotoran hasil dari penggalian liang oleh larva (Rees, 2004). Satu imago betina *C. maculatus* mampu meletakkan sejumlah 100 telur selama masa hidupnya (Hill, 2003; Bailey, 2007).



Gambar 1. Beberapa Butir Telur *Callosobruchus maculatus* pada Permukaan Biji Kacang Hijau (Devi dan Devi, 2014)

Larva *C. maculatus*

Larva *C. maculatus* yang baru keluar dari telur berwarna putih dengan ujung kepala berwarna coklat. Larva yang baru menetas langsung menggerek ke dalam kotiledon. Larva mengalami tiga kali ganti kulit sebelum menjadi pupa. Stadium larva berkisar antara 9-11 hari pada suhu 30 °C dan RH 95-100 % (Kardiyono, 2012). Larva *C. maculatus* terdiri dari empat instar (Gambar 3) yang mana pertumbuhan dan perkembangannya terjadi di dalam biji hingga menjadi imago. (Devi dan Devi, 2014).



Gambar 2. Larva *Callosobruchus maculatus* (a) Instar 1, (b) Instar 2, (c) Instar 3 dan (d) Instar 4 (Devi dan Devi, 2014)

Larva *C. maculatus* memiliki bentuk *scarabaeiform* atau memiliki tubuh yang melengkung seperti huruf “C”, bersifat *immobile* dan bersembunyi di dalam biji (Rees, 2004). Larva yang menetas membuat liang tepat dibawah permukaan telur, sehingga cangkang telur masih melekat di permukaan butiran (Kazemi *et al.*, 2009). Larva *C. maculatus* tidak dapat berpindah antar biji, sehingga larva tidak memiliki pilihan lain selain harus makan, tumbuh dan berkembang di dalam biji kacang yang dipilih oleh induknya oleh karena itu perilaku oviposisi betina sangat

penting dalam menentukan kelangsungan hidup keturunan (Mitchell, 1975; Fatima *et al.*, 2016).

Pupa *C. maculatus*

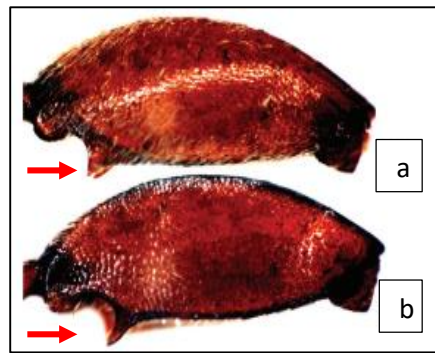
Pupa *C. maculatus* memiliki warna hijau pucat pada bagian sayap depan (*forewings*) dan pada bagian abdomen berwarna putih (Gambar 4). Masa pupasi pupa jantan dan betina *C. maculatus* berkisar antara 6 sampai 7 hari. Pada masa pupasi terjadi perubahan struktur larva menjadi imago (Devi dan Devi, 2014). Masa pupasi *C. maculatus* terjadi di dalam biji. Sebelum menjadi pupa, larva menggali terowongan di dalam biji hingga terbentuk lapisan jendela tipis pada biji yang berfungsi sebagai tempat keluarnya imago (Hill, 2003; Bailey, 2007).



Gambar 3. Pupa *Callosobruchus maculatus* (a) Jantan dan (b) Betina (Devi dan Devi, 2014)

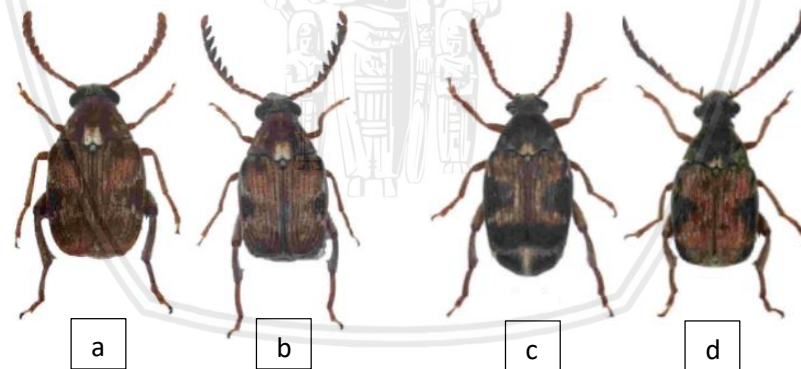
Imago *C. maculatus*

Serangga *C. maculatus* dapat tumbuh dan berkembang dengan optimum (21 hari) pada suhu 32 °C dan kelembaban nisbi 90 %. Imago *C. maculatus* memiliki ukuran tubuh yang kecil memanjang (2-4 mm). Elitra berwarna gelap, memiliki *pattern* yang mencolok dan tidak menutupi ujung abdomen. Pada tungkai belakang terdapat duri (*spines*) pada bagian luar dan dalam femur (Gambar 5) (Rees 2007; Zhang *et al.*, 2014). Dalam kondisi optimal imago baru muncul pada 3 hingga 4 minggu setelah peletakan telur. Selama fase imago, *C. maculatus* tidak membutuhkan makanan maupun air (Fatima *et al.*, 2016). Umur imago tergolong cukup pendek yakni rata-rata 7 hari pada kondisi laboratorium dan hanya beberapa yang dapat bertahan hingga 14 hari (Hill, 2003; Rees, 2004; Beck dan Blumer, 2011).



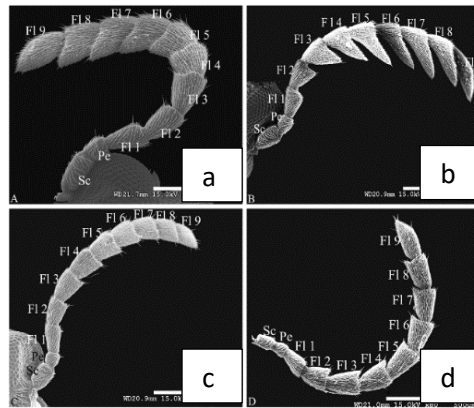
Gambar 4. Duri pada Femur *Callosobruchus maculatus*, (a) Bagian Luar dan (b) Bagian Dalam (Zhang *et al.*, 2014)

Imago *Callosobruchus chinensis* dan *C. maculatus* memiliki kenampakan morfologi yang berbeda (Gambar 5) (Hagstrum *et al.*, 2013). Salah satu perbedaan antara *Callosobruchus chinensis* dan *C. maculatus* adalah terletak pada bentuk antenanya. Imago betina *C. chinensis* memiliki antena berbentuk *serrate* (Gambar 6a) dan jantan memiliki antena berbentuk *pectinate* (Gambar 6b) sedangkan, imago jantan dan betina *C. maculatus* keduanya memiliki antena berbentuk *serrate* (Gambar 6c dan 6d) (Hu *et al.*, 2009).



Gambar 5. Perbedaan Morfologi Imago *Callosobruchus chinensis* (a) Betina, (b) Jantan dan Imago *Callosobruchus maculatus* (c) Betina, (d) Jantan (Hagstrum *et al.*, 2013)

Panjang segmen antena imago *C. chinensis* betina lebih pendek daripada jantan sedangkan pada *C. maculatus* memiliki panjang yang sama (Hu *et al.*, 2009). Segmen dasar antena berwarna kuning kemerahan dan sisanya berwarna lebih gelap (Hagstrum *et al.*, 2012). Pada *C. chinensis* dewasa terdapat *pygidium* yang diselimuti seta berwarna putih atau silver (Fatima *et al.*, 2016).



Gambar 6. Perbedaan Morfologi Antena *Callosobruchus chinensis* (a) Betina, (b) Jantan dan Antena *Callosobruchus maculatus* (c) Betina, (d) Jantan (Hu *et al.*, 2009)

Tidak seperti hama gudang lainnya, imago *C. maculatus* dapat ditemukan dalam dua bentuk morfologi yang berbeda; satu dengan sayap dan memiliki kemampuan untuk terbang sedangkan bentuk yang lainnya ialah tidak bersayap. Imago *C. maculatus* bersayap ditemukan pada kondisi *rearing* yang padat atau pada kondisi yang tidak cocok (*unsuitable condition*), seperti pada kondisi penyimpanan yang memiliki suhu tinggi dan kelembaban yang rendah (Utida, 1972; Beck dan Blumer, 2011).

2.3 Arti Penting *Callosobruchus maculatus*

Serangga *C. maculatus* termasuk hama penting yang menyerang bahan simpanan khususnya di benua Asia dan Afrika (Fatima *et al.*, 2016). Bahan simpanan yang menjadi inang utama dari *C. maculatus* adalah kacang tunggak dan kacang arab serta jenis kacang lainnya yang tergolong famili Fabaceae dan jarang menyerang kacang Lentil (*Lens culinaris* Medikus) (Frank dan Jones, 2009; Beck dan Blumer, 2011).

Infestasi *C. maculatus* dapat bersumber dari lapang, dimana imago betina meletakkan telur pada polong kacang (Islam *et al.*, 2007). Hama ini menyebabkan kerusakan ekonomi yang cukup besar terutama pada kondisi pertanian subsisten di wilayah tropis. Kondisi iklim di daerah tropis merupakan kondisi yang optimal untuk pertumbuhan populasi *C. maculatus* (Rees, 2004).

Penggunaan tempat penyimpanan yang berukuran kecil seperti tas atau keranjang akan memudahkan infestasi *C. maculatus*, sedangkan kerusakan yang

terjadi pada penyimpanan secara massal cenderung tidak parah dan hanya terbatas pada lapisan permukaan karena *C. maculatus* tidak mudah menembus dalam tumpukan bahan simpanan (Rees, 2004).

Serangga *C. maculatus* dapat membuat beberapa lubang pada biji kacang, hal ini dapat menyebabkan menurunnya kualitas nutrisi yang terkandung dalam biji (Hill, 2003). Kehilangan hasil panen akibat serangan *C. maculatus* cukup besar. Satu individu serangga dapat menyebabkan penurunan berat biji hingga 3,5-60 % dan 45,50-66,30 % total kehilangan kandungan protein (Gujar dan Yadav 1978 dalam Islam *et al.*, 2007). Larva yang melakukan penetrasi ke dalam biji menyebabkan kerusakan yang cukup parah seperti kehilangan berat biji, mengurangi kemampuan berkecambah, viabilitas benih menjadi rendah dan menurunnya kualitas nutrisi (Haouel-Hamdi *et al.*, 2017).

Infestasi *C. maculatus* dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan pemanasan pada komoditas sehingga dapat menyebabkan penurunan kualitas dan memicu tumbuhnya jamur. Jika dibandingkan dengan hama gudang yang lain perkembangan *C. maculatus* tergolong lebih cepat. (Rees, 2004).

2.4 Deskripsi Berbagai Jenis Kacang

Kacang merupakan salah satu sumber pangan yang memiliki kandungan protein nabati yang tinggi dan merupakan salah satu komoditas yang diminati oleh masyarakat. Berikut adalah deskripsi dari kacang tunggak, kacang hijau, kacang adzuki, kacang merah dan kacang lentil.

a. Kacang Tunggak (*Vigna unguiculata* L. (Fabales: Fabaceae))

Kacang tunggak termasuk salah satu jenis kacang yang telah lama dimanfaatkan di kawasan Benua Asia dan Afrika. Berdasarkan dari sifat fisik dan kimianya kacang tunggak dapat diolah seperti halnya kacang kedelai. Hasil olahan kacang tunggak yang sering dijumpai adalah kecambah (tauge), susu, tahu, kembang tahu dan tepung. Selain itu, ada juga pengolahan dengan fermentasi seperti kecap, oncom dan tauco (Utomo dan Antarlina, 1998). Kacang tunggak mengandung protein sebanyak 22 g dan lemak sebanyak 1,4 g (Tabel 1) (Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI, 1981).

Tabel 1. Komposisi Kimia Biji Kacang Tunggak Per 100 g (Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI, 1981)

Nutrisi	Kandungan Per 100 g
Kalori (Kal)	339,1
Air (g)	10
Protein (g)	22
Lemak (g)	1,4
Karbohidrat (g)	59,1

b. Kacang Hijau (*Vigna radiata* L. (Fabales: Fabaceae))

Kacang hijau diketahui sebagai salah satu bahan pangan yang menjadi sumber nutrisi seperti protein nabati dan karbohidrat. Secara tradisional kacang hijau dimanfaatkan menjadi berbagai macam olahan seperti bubur, bahan pengisi bakpia dan sari minuman kacang hijau. Selain diolah menjadi makanan siap saji, kacang hijau juga dimanfaatkan menjadi tepung kacang hijau karena karbohidratnya mudah dicerna (Rahman dan Triyono, 2018). Kacang hijau merupakan salah satu jenis kacang yang rendah kalori dan berpotensi sebagai sumber amilosa. Nilai rendemen pada kacang hijau utuh sebesar 26% sedangkan pada kacang hijau kupas kulit sebesar 30,5% (Abdel-Rahman, 2008; Triwitono *et al.*, 2017). Kacang hijau mengandung protein sebanyak 22,2 g dan lemak sebanyak 1,2 g (Tabel 2) (Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI, 1981).

Tabel 2. Komposisi Kimia Biji Kacang Hijau Per 100 g (Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI, 1981)

Nutrisi	Kandungan Per 100 g
Kalori (Kal)	345
Air (g)	10
Protein (g)	22,2
Lemak (g)	1,2
Karbohidrat (g)	62,9

c. Kacang Adzuki (*Vigna angularis* Willd. (Fabales: Fabaceae))

Kacang hijau adalah salah satu jenis kacang yang banyak dikonsumsi di dunia khususnya di Benua Asia. Di Jepang kacang adzuki banyak diolah menjadi makanan ringan seperti *wagashi*, *youkan*, *manju* dan *amanatto*, sedangkan di China dan Korea kacang ini dimanfaatkan sebagai obat untuk menyembuhkan berbagai penyakit. Seperti jenis kacang lainnya, kacang adzuki juga merupakan sumber dari karbohidrat, protein, serat, vitamin dan mineral (Gohara *et al.*, 2016). Kacang

adzuki memiliki kandungan protein sebanyak 20,36 g dan lemak sebanyak 0,45 g (Tabel 3) (Gohara *et al.*, 2016).

Tabel 3. Komposisi Kimia Biji Kacang Adzuki Per 100 g (Gohara *et al.*, 2016)

Nutrisi	Kandungan Per 100 g
Abu (g)	3,85
Air (g)	13,07
Protein (g)	20,36
Lemak (g)	0,45
Karbohidrat (g)	62,26

d. Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L. (Fabales: Fabaceae))

Kacang merah atau *Red Kidney Beans* termasuk jenis kacang dari genus *Phaseolus* yang paling populer di Amerika Serikat dan banyak dikonsumsi di negara berkembang sebagai sarana pemenuhan gizi (Chaudhary dan Sharma, 2013). Kacang merah mulai dikenalkan di Eropa pada abad ke-15 oleh seorang penjelajah dari Spanyol. Pada umumnya kacang merah diproduksi pada area dengan suhu sekitar 21 °C. Suhu optimal untuk pertumbuhan kacang merah adalah 16 sampai dengan 24 °C (Sahadevan, 2012). Kacang merah kaya akan sumber gizi termasuk karbohidrat kompleks, protein, vitamin B, zat besi, kalsium dan fosfor (Putriningtyas dan Wahyuningsih, 2018). Kacang merah mengandung protein sebanyak 23,63 g dan lemak sebanyak 1,5 g (Tabel 4) (Chaudhary dan Sheel, 2013).

Tabel 4. Komposisi Kimia Biji Kacang Merah Per 100 g (Chaudhary dan Sheel, 2013)

Nutrisi	Kandungan Per 100 g
Abu (g)	3,6
Air (g)	12,3
Protein (g)	23,63
Lemak (g)	1,5
Karbohidrat (g)	56,7

e. Kacang Lentil (*Lens culinaris* Medik. (Fabales: Fabaceae))

Kacang lentil merupakan salah satu jenis kacang yang banyak dimanfaatkan di Negara India, Kanada, Turki, Bangladesh, Iran, Cina, Nepal dan Syria (Ahlawat, 2012). Kacang lentil diminati karena memiliki kandungan nutrisi yang tinggi dan mudah untuk dimasak. Selain itu juga dimanfaatkan sebagai obat dan pakan ternak dengan kandungan selulosa yang rendah (Cokkizgin dan Munqez, 2013). Kacang merah mengandung protein sebanyak 20,6 g dan lemak sebanyak 2,15 g (Tabel 5) (De Almeida Costa *et al.*, 2006).

Tabel 5. Komposisi Kimia Biji Kacang Lentil Per 100 g (De Almeida Costa *et al.*, 2006)

Nutrisi	Kandungan Per 100 g
Abu (g)	3,12
Air (g)	11,2
Protein (g)	20,6
Lemak (g)	2,15
Serat (g)	6,83
Karbohidrat (g)	61,8

2.5 Peranan Nutrisi Pakan dalam Kehidupan Serangga

Pada umumnya serangga memiliki kebutuhan nutrisi yang sama karena memiliki komposisi kimia dan kemampuan metabolis yang sama. Perbedaan kebutuhan nutrisi antar serangga terletak pada adaptasinya terhadap pakan atau asosiasinya dengan mikroorganisme yang menyediakan nutrisi tertentu. Nutrisi yang diperlukan oleh serangga terdiri dari asam amino, karbohidrat, asam lemak, vitamin dan mineral (Chapman, 2013; Bala *et al.*, 2018).

Asam amino. Asam amino dibutuhkan untuk memproduksi protein yang digunakan dalam pembentukan enzim, untuk mengangkut dan menyimpan, sebagai reseptor dan berperan dalam proses morfogenesis. Beberapa jenis asam amino digunakan sebagai bahan bakar untuk melakukan respirasi sebagaimana asam amino *proline* yang berperan sebagai sumber energi pada beberapa jenis serangga agar dapat terbang seperti pada lalat tsetse, *Glossina*, *Colorado potato beetle* (*Leptinotarsa decemlineata*) dan beberapa jenis kumbang yang termasuk dalam keluarga scarabidae (Chapman, 2013).

Karohidrat. Karbohidrat, termasuk gula sederhana, pati (*starch*) dan polisakarida lainnya merupakan komponen yang penting bagi sebagian besar serangga. Karbohidrat berfungsi sebagai bahan bakar respirasi, dapat diubah menjadi lemak dan kerangka karbon untuk sintesis beberapa jenis asam amino. Manfaat dari karbohidrat tergantung dari kemampuan serangga dalam menghidrolisis polisakarida. Beberapa serangga memiliki kemampuan pencernaan yang memungkinkan mereka untuk menggunakan berbagai macam karbohidrat, *Tribolium* (Coleoptera) misalnya dan serangga lainnya yang makan pada bahan simpanan (Chapman, 2013).

Asam Lemak. Asam lemak, fosfolipid dan sterol merupakan komponen dari membran sel yang memiliki fungsi spesifik. Serangga dapat menyintesis banyak asam lemak dan fosfolipid namun tidak dapat menyintesis sterol yang merupakan prekursor hormon *ecdysteroid*. Sehingga banyak serangga yang memerlukan pasokan sterol, meskipun sebagian kecil telah mendapatkan sterol dari mikroorganisme simbiotik. Ada beberapa jenis serangga yang membutuhkan sterol tertentu sehingga memiliki kebiasaan makan yang tidak biasa seperti pada *Drosophila pachea* yang memakan bagian nekrotik kaktus untuk mendapatkan steroid (Chapman, 2013).

Vitamin. Vitamin merupakan senyawa organik yang dibutuhkan dalam jumlah kecil dalam proses pertumbuhan. Vitamin diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu vitamin yang larut dalam air dan larut dalam lemak. Di dalam jaringan tubuh serangga vitamin yang larut dalam lemak dapat bertahan lebih lama dan terakumulasi dalam penyimpanan lemak jika dibandingkan dengan vitamin yang larut dalam air. Keadaan defisiensi vitamin pada serangga biasanya ditandai dengan keadaan pertumbuhan yang tidak spesifik (Chapman, 2013).

Mineral. Berbagai ion logam yang dibutuhkan sebagai koenzim dan metalloenzim. Contohnya adalah tembaga pada sitokrom oksidase dan fenoloksidase, besi pada katalase dan molibdenum pada xanthin dehydrogenase, magnesium pada glukosa-6-fosfatase, seng pada alkohol dehidrogenase dan metalloprotease. Elemen tersebut selalu ada dalam pakan buatan. Serangga juga membutuhkan natrium, kalium, fosfat dan klorida untuk keseimbangan ion di dalam sel (Chapman, 2013).

Serangga dapat memenuhi kebutuhan nutrisi melalui aktifitas makan. Terdapat 17 nutrisi esensial yang diperlukan untuk tumbuh kembang serangga dalam menunjang hidupnya yang meliputi karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, fosfor, potassium, kalsium, magnesium, sulfur, besi, mangan, seng, tembaga, boron, molybdenum, klorin dan nikel (Bala *et al.*, 2018).

Keseimbangan nutrisi pada pakan dapat mempengaruhi perkembangan dan masa hidup serangga. Contohnya pada perbanyakan ulat dimana pakan memiliki kandungan karbohidrat lebih tinggi daripada protein (obesogenic) menjadikan ulat kurang peka terhadap penumpukan lemak. Ketidakseimbangan nutrisi dapat

menimbulkan perbedaan besar pada warna, morfologi dan fenotipe serangga. Fenomena ini disebut sebagai polifenisme yang dipicu oleh pola makan (Chapman, 2013).

2.6 Mekanisme Ketahanan Tanaman terhadap Serangga

Setiap jenis tanaman memiliki ketahanan maupun kepekaan terhadap organisme tertentu (Hill, 2003). Ketahanan tanaman didefinisikan sebagai sifat-sifat yang diwariskan secara genetik pada tanaman yang menyebabkan tanaman dalam satu spesies menjadi kurang rusak daripada tanaman yang rentan (Smith, 1989). Ketahanan atau kepekaan tanaman terhadap serangga melibatkan hubungan sebab akibat antara respon serangga terhadap tanaman maupun sebaliknya (Jayaraj dan Uthamasamy, 1990).

Smith (1989) mengklasifikasikan ketahanan tanaman menjadi 3 kategori yang meliputi: (1) Antixenosis merupakan ketidakmampuan tanaman untuk menjadi inang bagi serangga herbivora. Akibatnya serangga hama terpaksa memilih inang alternatif. Pertahanan tanaman terhadap perilaku serangga ini dapat melalui karakter morfologi dan faktor kimia. Karakter morfologi yang dapat menyebabkan ketahanan pada tanaman yaitu adanya trikoma, lapisan lilin dan ketebalan jaringan. Kemudian faktor kimia yang dimaksud adalah adanya kandungan senyawa yang bersifat repelen (penolak) dan deteren (pencegah), (2) Antibiosis adalah keadaan ketika tanaman inang mengakibatkan munculnya efek negatif terhadap biologi serangga yang memakannya. Antibiosis disebabkan oleh adanya faktor kimia, fisik dan morfologi tanaman. Faktor kimia meliputi adanya kandungan alelokimia, toksin, inhibitor dan sedikitnya kandungan nutrisi tertentu pada tanaman, sedangkan faktor fisik dan morfologi yaitu adanya respon hipersensitif dan struktur tanaman. Ketahanan antibiosis dapat menyebabkan matinya serangga pada berbagai fase baik pada fase telur, larva, pre-pupa, pupa, maupun imago. Serangga yang dapat bertahan dapat mengalami penyusutan ukuran dan berat tubuh, (3) Toleran adalah kemampuan genetik pada tanaman untuk pulih kembali dari kerusakan akibat serangan serangga. Tidak seperti antixenosis dan antibiosis, toleran hanya melibatkan karakteristik tanaman yang bukan merupakan bagian dari interaksi antara serangga dan tanaman.

Ketahanan tanaman dapat diukur dengan menggunakan kultivar tanaman yang peka dari spesies tanaman yang sama dengan kontrol. Tanaman yang berasal dari spesies yang berbeda dengan inang tidak dikategorikan sebagai tahan karena akan dianggap kebal terhadap serangan hama. Tanaman inang bisa lebih atau kurang tahan tetapi tidak dapat dikategorikan sebagai kebal atau imun (Maxwell dan Jennings, 1980).

Painter 1951 (*dalam* Maxwell dan Jennings, 1980), mengklasifikasikan tingkat resistensi menjadi 5 kategori:

1. *Immunity*: serangan tidak akan pernah mengkonsumsi atau melukai tanaman
2. *High resistance*: ditandai dengan serangan serangga dapat menimbulkan kerusakan yang tergolong kecil
3. *Low resistance*: ditandai dengan adanya sedikit kerusakan akibat serangan serangga dibandingkan pada kerusakan tanaman lainnya
4. *Susceptibility*: menunjukkan adanya kerusakan yang tergolong rata-rata atau lebih dari rata-rata akibat serangan serangga
5. *High susceptibility*: menunjukkan adanya kerusakan yang tinggi pada kultivar akibat serangan serangga

III. METODE PELAKSANAAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hama Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang dengan rerata suhu 24,5–28,4 °C (Tabel Lampiran 22) dan kelembaban harian 46,7–70,4 % (Tabel Lampiran 23) pada bulan Mei sampai dengan Agustus 2019

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop stereo, tabung perbanyakan serangga ($\varnothing = 11,5$ cm, $l = 11,5$, $t = 12$ cm), tabung kaca untuk perlakuan ($\varnothing = 6,5$ cm, $t = 9,5$ cm), tabung kaca untuk sterilisasi pakan ($\varnothing = 15$ cm, $t = 17$ cm), cawan petri ($\varnothing = 9$ cm, $t = 15$ cm), tabung vial ($\varnothing = 3$ cm, $t = 3$ cm), *handcounter*, oven, nampan, timbangan digital, *termohigrometer* digital tipe Innotech® CTH-608, pisau *scalpel*, pinset, kuas, saringan dan kamera.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi enam jenis pakan (kacang tunggak, kacang hijau kupas, kacang hijau, kacang adzuki, kacang merah dan kacang lentil), kain sifon, karet gelang, fluon dan imago *C. maculatus* yang diperoleh dari koleksi Laboratorium Hama Tumbuhan Jurusan HPT, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahapan. Tahap pertama meliputi persiapan penelitian dan tahap kedua adalah pelaksanaan penelitian yang dilakukan untuk mengamati tingkat kepekaan beberapa jenis pakan terhadap serangan serangga *C. maculatus*.

3.3.1 Persiapan Penelitian

Penyediaan Pakan

Penyediaan pakan terdiri dari dua macam yaitu pakan untuk perbanyakan serangga dan pakan untuk perlakuan. Pakan yang digunakan dalam perbanyakan *C. maculatus* adalah kacang hijau varietas Vima-4 sedangkan pakan yang akan digunakan dalam perlakuan meliputi kacang hijau varietas Kutilang yang diperoleh dari Balai Penelitian Kacang dan Umbi (BALITKABI), kacang tunggak yang

diperoleh dari pasar lokal, kacang hijau kupas, kacang adzuki, kacang merah dan kacang lentil yang diperoleh dari swalayan. Sebelum digunakan untuk penelitian pakan dibersihkan untuk menghindari adanya kontaminan seperti batu, kulit kacang dan kontaminasi serangga.

Sterilisasi Pakan

Sterilisasi pakan dilakukan dengan metode Iloba dan Umoetok (2007). Biji kacang yang akan digunakan dalam penelitian dioven selama satu jam pada suhu 60 °C agar pakan yang digunakan dalam penelitian terbebas dari kontaminasi organisme lain. Biji kacang kemudian disimpan di laboratorium selama 24 jam untuk menyeimbangkan kelembaban.

Analisis Proksimat Pakan

Analisis proksimat dilakukan di Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui nilai kandungan karbohidrat, protein, lemak, air dan kadar abu pakan yang digunakan dalam penelitian.

Analisis Fenol Pakan

Analisis fenol dilakukan di Laboratorium Penyakit Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Uji ini dilakukan untuk mengetahui kandungan fenol total pada pakan. Fenol merupakan salah satu senyawa volatil hasil dari metabolit sekunder yang berfungsi sebagai repelen atau antifeedant pada serangga (Samsuddin *et al.*, 2016).

Uji Kekerasan Biji

Uji kekerasan Biji dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Uji dilakukan untuk menghitung jumlah gaya (N) yang dibutuhkan untuk menghancurkan masing-masing biji yang digunakan dalam penelitian.

Perbanyakan Serangga

Perbanyakan serangga *C. maculatus* dilakukan di Laboratorium Hama Tumbuhan Jurusan HPT, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Perbanyakan serangga dilakukan dengan menggunakan tabung perbanyakan serangga ($\varnothing = 11,5$ cm, $l = 11,5$ cm, $t = 12$ cm). Pakan yang digunakan adalah kacang hijau varietas Vima-4 yang telah dibersihkan dan disterilisasi. Serangga yang digunakan dalam

perbanyakan berasal dari koleksi Laboratorium Hama Tumbuhan Jurusan HPT, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Sebelum dilakukan perbanyakan, terlebih dahulu dilakukan identifikasi untuk memastikan bahwa serangga tersebut adalah *C. maculatus* dengan melihat kenampakan morfologi, salah satunya adalah dengan melihat antena (Gambar 6).

Serangga yang telah diidentifikasi kemudian diperbanyak dengan cara menginfestasikan 100 individu imago *C. maculatus* tanpa membedakan jantan dan betina pada tabung perbanyakan yang berisi 250 g pakan (Arjanbhai, 2015; Semeao *et al.*, 2011). Permukaan tabung ditutup dengan kain sifon untuk menjaga sirkulasi udara. Setelah 14 hari infestasi, imago dipindahkan dari tabung perbanyakan dan telur yang berada pada tabung dibiarkan hingga imago keturunan pertama (F_1) muncul untuk digunakan dalam penelitian. Pengamatan secara mikroskopis dilakukan untuk membedakan antara imago jantan dan betina dengan mengamati kenampakan morfologi imago *C. maculatus* (Gambar 5c dan 5d). Imago yang telah diidentifikasi dipindahkan ke tabung yang berbeda. Imago yang digunakan dalam penelitian ini adalah imago yang baru muncul atau berumur 0-24 jam (Haouel-Hamdi *et al.*, 2018).

3.3.2 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode *no choice test* dengan enam perlakuan yang terdiri dari kacang tunggak, kacang hijau kupas, kacang hijau, kacang adzuki, kacang merah dan kacang lentil (Tabel 6) yang diulang sebanyak empat kali.

Tabel 1. Perlakuan Pakan Menggunakan Beberapa Jenis Pakan

Kode Perlakuan	Perlakuan Pakan
P1	Kacang Tunggak
P2	Kacang Hijau Kupas
P3	Kacang Hijau
P4	Kacang Adzuki
P5	Kacang Merah
P6	Kacang Lentil

Variabel pengamatan meliputi jumlah telur, jumlah imago baru (F_1) yang muncul, perhitungan nisbah kelamin (*sex ratio*) dan perhitungan persentase penurunan berat pakan. Sejumlah 15 pasang imago *C. maculatus* yang berumur 0-24 jam dari hasil perbanyakan diinfestasikan ke dalam tabung kaca ($\varnothing = 6,5$ cm, $t =$

9,5 cm) yang berisi 30 g pakan sesuai perlakuan. Kemudian permukaan tabung ditutup dengan kain sifon dan diikat dengan karet gelang. Pengamatan diatur dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL).

Pengamatan jumlah telur dilakukan pada 14 hari setelah infestasi atau saat semua imago *C. maculatus* mati. Pengamatan larva dan pupa tidak dilakukan karena larva dan pupa berada di dalam butiran. Persentase mortalitas imago infestasi tidak diamati karena *C. maculatus* termasuk jenis kumbang yang berumur pendek. Umur imago *C. maculatus* tergolong cukup pendek yakni rata-rata 7 hari pada kondisi laboratorium dan hanya beberapa yang dapat bertahan hingga 14 hari (Hill, 2003; Rees, 2004; Beck dan Blumer, 2011).

Pengamatan jumlah imago dilakukan mulai dari kemunculan imago F₁ pertama kali hingga tidak ada lagi imago baru yang muncul. Kemudian dilakukan perhitungan jumlah imago jantan dan betina untuk mengetahui *sex ratio*. Pengamatan penurunan berat pakan dilakukan pada tahap akhir penelitian menggunakan rumus menurut Tripathi *et al.* (2014).

$$\text{Kehilangan berat (\%)} = \frac{\text{Berat pakan awal} - \text{Berat pakan akhir}}{\text{Berat pakan awal}} \times 100$$

Penelitian lama stadium telur, stadium larva, stadium pupa, praoviposisi, fertilitas, fekunditas dan lama hidup imago (*longevity*) dilakukan sebanyak lima kali ulangan. Kemudian dilakukan perhitungan indeks kepekaan. Imago *C. maculatus* yang digunakan merupakan keturunan pertama (F₁) yang berumur 0-24 jam dari penelitian sebelumnya. Pengamatan dilakukan dengan menginfestasi sepasang imago *C. maculatus* pada tabung vial ($\varnothing = 3$ cm, $t = 3$ cm) yang diisi dengan pakan sesuai perlakuan.

Pengamatan lama stadium telur dilakukan pada 1 hari setelah infestasi *C. maculatus*. Biji kacang yang telah terinfestasi sebanyak satu butir telur *C. maculatus* diletakkan pada tabung vial ($\varnothing = 3$ cm dan $t = 3$ cm). Pengamatan lama stadium telur dilakukan setiap hari hingga telur menetas menjadi larva. Penentuan waktu penetasan telur dilakukan dengan cara mengamati kenampakan pada telur. Telur yang menetas berwarna putih buram dan bagian dalamnya terdapat *frass* atau feses dari larva (Beck dan Blumer, 2014).

Pengamatan stadium larva dan pupa dilakukan dengan menggunakan sampel destruktif dengan cara memecah biji kacang yang telah terinfestasi telur *C. maculatus* secara perlahan untuk menghindari adanya kerusakan pada larva maupun pupa. Pengamatan dilakukan dengan bantuan mikroskop stereo dan dilakukan setiap hari dengan melakukan pencatatan waktu perkembangan. Kemudian pengamatan praoviposisi dimulai saat imago baru yang terbentuk dipasangkan hingga meletakkan telur pertama kali.

Pengamatan fekunditas dilakukan dengan cara menghitung jumlah telur yang diletakkan oleh imago betina baru hingga betina mati (Sadozai, 2003) sedangkan, fertilitas telur dapat diketahui dari jumlah telur yang berhasil menetas dari total telur yang diletakkan (Borzoui dan Nouri-Ganbalani, 2016). Lama hidup imago *C. maculatus* diamati dengan menghitung waktu mulai dari imago baru terbentuk hingga mengalami kematian. Kemudian pengamatan siklus hidup dilakukan dengan menghitung total waktu yang diperlukan oleh *C. maculatus* untuk berkembang mulai dari fase telur hingga imago F₁ meletakkan telur pertama kali.

Perhitungan indeks kepekaan (IK) dilakukan dengan menggunakan metode Dobie dan Kilminster (1978) *dalam* Astuti, (2013) sebagai berikut:

$$\text{Indeks Kepekaan (IK)} = | (\log_e F)/D \times 100 |$$

dengan: F adalah jumlah dari imago baru (F₁) yang berkembang dari sejumlah telur yang diletakkan oleh 15 pasang imago selama 14 hari

D adalah median dari periode perkembangan yang diestimasikan sebagai waktu (hari) dari pertengahan masa oviposisi hingga munculnya 50% jumlah generasi F₁.

Terdapat empat kategori untuk menentukan tingkat kepekaan menurut Dobie (1974) *dalam* Astuti, (2013) yaitu kategori tahan, agak tahan, peka dan sangat peka (Tabel 7).

Tabel 2. Kategori Indeks Kepekaan Dobie (1974) *dalam* Astuti, (2013)

Nilai Indeks Kepekaan	Kategori
0 - <4	Tahan
4 - <8	Agak tahan
8 - <11	Peka
≥ 11	Sangat peka

3.4 Analisis Data

Data dari hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (*Analysis of Variance*) pada taraf kesalahan 5%. Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh yang nyata, dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kesalahan 5% menggunakan Microsoft Office Excel 2013 dengan program tambahan DSAASTAT versi 1.101. Uji normalitas dan uji korelasi Pearson dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pertumbuhan Populasi dan Perkembangan *Callosobruchus maculatus* pada 6 Jenis Kacang

a. Jumlah Telur *C. maculatus*

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada jumlah telur yang diletakkan oleh imago *C. maculatus* pada 6 jenis pakan (Tabel Lampiran 4). Rerata jumlah telur lebih tinggi pada kacang adzuki (609,8 butir) dibandingkan pada pakan lain, tetapi tidak berbeda nyata dengan kacang merah dan kacang hijau. Rerata jumlah telur lebih rendah terdapat pada kacang lentil (380,0 butir) dibandingkan pada pakan lain, tetapi tidak berbeda nyata dengan kacang tunggak, kacang hijau dan kacang hijau kupas (Tabel 8).

Tabel 1. Rerata Jumlah Telur *Callosobruchus maculatus* pada 6 Jenis Pakan

Perlakuan	Jumlah Telur (Butir) ($\bar{x} \pm SE$)
Kacang Tunggak	465,5 $\pm$ 39,48 ab
Kacang Hijau Kupas	423,3 $\pm$ 16,46 ab
Kacang Hijau	487,8 $\pm$ 61,95 abc
Kacang Adzuki	609,8 $\pm$ 38,49 c
Kacang Merah	541,8 $\pm$ 55,17 bc
Kacang Lentil	380,0 $\pm$ 41,108 a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (BNT, $P < 5\%$)

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa imago betina *C. maculatus* lebih menyukai kacang dengan ukuran yang lebih besar dan memiliki permukaan kulit yang licin sebagai tempat peletakan telur seperti pada kacang adzuki, kacang merah, kacang hijau dan kacang tunggak. Perbedaan jumlah telur yang diletakkan diduga karena adanya pengaruh faktor fisik dan kimia pakan. Messina (2004), menyatakan bahwa kacang adzuki lebih disukai oleh betina *Callosobruchus* sp. dalam oviposisi dibandingkan dengan kacang tunggak, kacang hijau dan kacang lentil karena ukuran butiran dan tekstur permukaan biji menjadi pertimbangan betina dalam peletakan telur. Sharma (2016), mengemukakan bahwa serangga *C. maculatus* lebih menyukai biji yang memiliki permukaan luas dan licin daripada biji yang memiliki permukaan kasar untuk oviposisi. Lebih lanjut, Adebayo dan Ogunleke (2016), menyatakan bahwa imago betina *C. maculatus* memiliki

kemampuan untuk menilai sumber pakan berdasarkan ukuran biji yang dilakukan untuk menghindari terjadinya kompetisi larva di dalam butiran pakan.

Uji korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kandungan nutrisi pada kacang dengan jumlah telur *C. maculatus*. Hasil uji korelasi antara kandungan nutrisi pada enam jenis pakan terhadap variabel jumlah telur (Tabel Lampiran 18) menunjukkan bahwa variabel kandungan protein berkorelasi negatif dengan variabel jumlah telur ($r=-0,528$; $P=0,008$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah kandungan protein maka akan mempengaruhi jumlah telur yang diletakkan oleh imago betina. Susrama (2017), yang menyatakan bahwa kandungan protein yang terlalu rendah pada pakan dapat menyebabkan masalah pada pematangan ovarium dalam pembentukan telur. Sebaliknya apabila kandungan protein pada pakan terlalu tinggi, maka masa hidup serangga akan semakin pendek.

b. Rerata Jumlah Imago Baru *C. maculatus*

Hasil analisis ragam terhadap rerata jumlah imago baru menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (Tabel Lampiran 5). Rerata jumlah imago baru lebih tinggi pada kacang adzuki (389,0 individu) dibandingkan pada pakan yang lain, tetapi tidak berbeda nyata dengan kacang tunggak dan kacang hijau. Rerata jumlah imago baru lebih rendah pada kacang lentil (95,0 individu) dibandingkan pakan yang lain, tetapi tidak berbeda nyata dengan kacang hijau kupas (Tabel 9).

Tabel 2. Rerata Jumlah Imago Baru *Callosobruchus maculatus* pada 6 Jenis Pakan

Perlakuan	Jumlah Imago Baru (Individu) ($\bar{x} \pm SE$)
Kacang Tunggak	380,3 $\pm$ 55,7 b
Kacang Hijau Kupas	131,3 $\pm$ 22,1 a
Kacang Hijau	301,3 $\pm$ 37,9 b
Kacang Adzuki	389,0 $\pm$ 17,1 b
Kacang Merah	-
Kacang Lentil	95,0 $\pm$ 6,30 a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (BNT, $P < 5\%$).

Pada kacang merah tidak ditemukan kemunculan imago *C. maculatus*. Terjadinya perbedaan kemunculan jumlah imago baru diduga karena pengaruh perbedaan sifat fisik dan kimia pakan termasuk kekerasan butiran dan adanya kandungan senyawa kimia tertentu dalam kacang. Hasil uji korelasi kekerasan biji dengan jumlah imago baru (Tabel Lampiran 18) menunjukkan adanya korelasi

negatif yang sangat signifikan ($r=-0,713$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah kekerasan biji maka jumlah imago yang muncul semakin banyak. Arotolu *et al.*, (2018), menyatakan bahwa terdapat hubungan korelasi yang signifikan antara kekerasan biji pada kacang tunggak dengan perilaku oviposisi *C. maculatus*, munculnya imago baru, kerusakan pada biji dan penurunan berat pakan.

Hasil uji korelasi antara fenol total dengan jumlah imago baru (Tabel Lampiran 18) menunjukkan hasil korelasi positif yang sangat signifikan ($r=0,805$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan bahwa kandungan fenol yang tinggi pada pakan dapat mempengaruhi jumlah imago baru yang muncul. Fotso *et al.* (2019), menyatakan bahwa jumlah progeni *C. maculatus* yang muncul dipengaruhi oleh adanya kandungan senyawa fenol. Astuti *et al.* (2013), mengemukakan bahwa tingginya kandungan fenol dan kekerasan butiran pada beras giling berpengaruh terhadap rendahnya jumlah telur, rendahnya jumlah keturunan F_1 yang muncul, dan lambatnya perkembangan *Rhyzopertha dominica*.

Pada kacang merah tidak ditemukan kemunculan imago baru *C. maculatus*. Yoshida *et al.* (1990), menyatakan bahwa kacang merah memiliki kandungan protein *phytohemagglutinin* (lektin) yang bersifat toksik sehingga mampu menyebabkan kematian pada larva instar pertama serangga *C. maculatus*. Lebih lanjut, Huesing *et al.*, 1991; Nishizawa *et al.*, (2007) dalam Souza *et al.*, (2010) menyatakan bahwa perkembangan larva *C. maculatus* hanya akan berhasil apabila larva mampu mencerna senyawa pertahanan dalam biji. Senyawa pertahanan berbasis protein yang terdapat pada kacang famili Phaseoleae dan Fabaceae adalah lektin termasuk arselin, lektin *phytohemagglutinin* dan inhibitor α -amilase.

c. Rerata Jumlah Imago Jantan dan Betina serta Sex Ratio

Hasil analisis ragam terhadap rerata jumlah imago jantan (Tabel Lampiran 6) dan betina (Tabel Lampiran 7) *C. maculatus* yang muncul menunjukkan perbedaan yang sangat nyata. Rerata jumlah imago jantan *C. maculatus* lebih tinggi pada kacang tunggak (202,25 Individu) dibandingkan pada pakan yang lain, tetapi menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan kacang hijau dan kacang adzuki. Rerata jumlah imago jantan lebih rendah pada kacang lentil (80,75 individu) dibandingkan pada kacang yang lain, tetapi tidak berbeda nyata dengan kacang

hijau kupas. Rerata jumlah imago betina *C. maculatus* lebih tinggi pada kacang adzuki (192,75 individu) dibandingkan pada pakan yang lain, tetapi menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan kacang tunggak dan kacang hijau. Rerata jumlah imago betina lebih rendah terdapat pada kacang lentil (14,25 individu) dibandingkan dengan pakan yang lain dan menunjukkan hasil berbeda nyata dengan keseluruhan perlakuan (Tabel 10).

Tabel 3. Rerata Jumlah Imago Jantan dan Betina, Serta *Sex Ratio Callosobruchus maculatus* pada 5 Jenis Pakan

Perlakuan	Jumlah Imago Jantan (Individu) ($\bar{x} \pm SE$)	Jumlah Imago Betina (Individu) ($\bar{x} \pm SE$) ⁽¹⁾	<i>Sex Ratio</i>
Kacang Tunggak	202,25 $\pm$ 37,22 b	178,0 $\pm$ 21,38 c	1 : 0,9
Kacang Hijau Kupas	81,25 $\pm$ 11,81 a	50,00 $\pm$ 11,27 b	1 : 0,6
Kacang Hijau	163,50 $\pm$ 24,70 b	137,75 $\pm$ 14,15 c	1 : 0,8
Kacang Adzuki	196,25 $\pm$ 7,610 b	192,75 $\pm$ 10,21 c	1 : 0,9
Kacang Lentil	80,75 $\pm$ 5,490 a	14,25 $\pm$ 1,93 a	1 : 0,2

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (BNT, $P < 5\%$).

⁽¹⁾ Data ditransformasi dalam bentuk $\text{Log}(x)$ untuk kepentingan analisis; SE = standar eror

Hasil perhitungan *sex ratio* menunjukkan bahwa *sex ratio* imago *C. maculatus* pada keenam jenis kacang didominasi oleh jantan dengan kisaran 1:0,2 hingga 1:0,9. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sharma *et al.* (2016), bahwa rasio jantan dan betina *C. maculatus* pada kacang arab, kacang polong, kacang hitam, kacang hijau, dan kacang tunggak didominasi oleh jantan dengan masing-masing rasio 1:0,99; 1:0,89; 1:0,82; 1:0,67; 1:0,59.

Hasil pengamatan terhadap stadium telur, stadium larva, stadium pupa, lama hidup imago (*longevity*), fekunditas, fertilitas telur, praoviposisi dan siklus hidup dilakukan dengan menggunakan telur *C. maculatus* yang diletakkan oleh imago baru yang telah mendapatkan pengaruh pakan dari penelitian sebelumnya. Pengamatan ini hanya dilakukan pada lima jenis pakan (kacang tunggak, kacang hijau kupas, kacang hijau, kacang adzuki dan kacang lentil) karena pertumbuhan dan perkembangan *C. maculatus* pada kacang merah terputus pada fase larva, sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukan penelitian lanjutan.

d. Stadium Telur, Larva, dan Pupa

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata pada rerata stadium telur *C. maculatus* di berbagai perlakuan (Tabel Lampiran 9). Rerata stadium telur lebih cepat pada kacang hijau (3,4 hari) dibandingkan dengan pakan yang lain dan berbeda nyata dengan kacang tunggak, kacang hijau kupas, kacang adzuki dan kacang lentil. Rerata stadium telur *C. maculatus* lebih lama pada kacang lentil (7,4 hari) dibandingkan pakan yang lain dan berbeda nyata dengan keseluruhan perlakuan (Tabel 11).

Hasil analisis ragam rerata stadium larva *C. maculatus* menunjukkan perbedaan yang sangat nyata (Tabel Lampiran 10). Rerata stadium larva *C. maculatus* lebih cepat pada kacang tunggak dan kacang hijau (16,0 hari) dibandingkan dengan pakan yang lain, tetapi berbeda nyata dengan kacang hijau, kacang adzuki dan kacang lentil. Rerata stadium larva lebih lama pada kacang lentil (32,2 hari) dibandingkan dengan pakan yang lain dan menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan keseluruhan perlakuan (Tabel 11).

Hasil analisis ragam pada rerata stadium pupa *C. maculatus* menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (Tabel Lampiran 11). Rerata stadium pupa lebih cepat pada kacang tunggak (7,4 hari) dibandingkan pada pakan yang lain, tetapi tidak berbeda nyata dengan kacang hijau kupas dan kacang kacang hijau. Rerata stadium pupa yang lebih lama pada kacang adzuki (11,4 hari) dibandingkan pada pakan yang lain, tetapi berbeda nyata dengan kacang tunggak, kacang hijau kupas dan kacang adzuki (Tabel 11).

Tabel 4. Rerata Stadium Telur, Larva dan Pupa *Callosobruchus maculatus* pada 5 Jenis Pakan

Perlakuan	Stadium Telur (Hari) ($\bar{x} \pm SE$)	Stadium Larva (Hari) ($\bar{x} \pm SE$)	Stadium Pupa (Hari) ($\bar{x} \pm SE$)
Kacang Tunggak	4,0 $\pm$ 0,00 b	16,0 $\pm$ 0,00 a	7,4 $\pm$ 0,24 a
Kacang Hijau Kupas	4,0 $\pm$ 0,00 b	18,2 $\pm$ 0,20 b	7,6 $\pm$ 0,24 a
Kacang Hijau	3,4 $\pm$ 0,24 a	16,0 $\pm$ 0,31 a	7,8 $\pm$ 0,37 a
Kacang Adzuki	4,8 $\pm$ 0,20 c	16,6 $\pm$ 0,40 a	11,4 $\pm$ 0,50 b
Kacang Lentil	7,4 $\pm$ 0,40 d	32,2 $\pm$ 0,48 c	-

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (BNT, $P < 5\%$). Data ditransformasi dalam bentuk Log(x) untuk kepentingan analisis; SE= standar eror

Rerata masa inkubasi telur *C. maculatus* bervariasi antara 3,4 sampai dengan 7,4 hari hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sharma *et al.* (2016) masa inkubasi telur *C. maculatus* terjadi selama 3 hingga 7 hari yaitu pada kacang hitam (4-7 hari), kacang hijau (3-5 hari), kacang arab (4-6 hari), kacang tunggak (4-5 hari) dan kacang polong (3-6 hari). Menurut Augustine dan Balikai (2019) masa inkubasi telur dapat dipengaruhi oleh keadaan geografi, iklim dan perbedaan jenis pakan.

Periode larva-pupa *C. maculatus* pada keseluruhan perlakuan terjadi antara 23 hingga 30 hari. Arjanbhai (2015), menyatakan bahwa rerata periode larva-pupa *C. maculatus* berkisar antara 19,66 hingga 38,29 hari pada jenis pakan yang berbeda. Pada kacang lentil perkembangan fase pupa tidak dapat diamati karena jumlah larva yang berhasil menjadi pupa sangat terbatas, hal ini diduga karena adanya ketidakcocokan pakan. Messina dan Jones (2009) melaporkan bahwa kacang lentil merupakan inang yang paling buruk bagi serangga *C. maculatus* sehingga jumlah larva yang berhasil berkembang mendekati nol.

e. Lama Hidup Imago (*Longevity*)

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata pada lama hidup imago jantan *C. maculatus* di berbagai perlakuan (Tabel Lampiran 12). Rerata lama hidup imago jantan lebih cepat pada kacang hijau (7,6 hari) dibandingkan pada pakan yang lain dan menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan rerata pada keseluruhan perlakuan. Rerata lama hidup jantan lebih lama pada kacang adzuki (12,80 hari) dibandingkan pada pakan yang lain dan menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan rerata pada keseluruhan perlakuan. (Tabel 12).

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata pada lama hidup imago jantan *C. maculatus* di berbagai perlakuan (Tabel Lampiran 13). Rerata lama hidup imago betina lebih cepat terdapat pada kacang lentil (8,8 hari) dibandingkan pada pakan yang lain, tetapi tidak berbeda nyata dengan kacang tunggak, kacang hijau kupas dan kacang hijau. Rerata lama hidup imago betina lebih lama terdapat pada kacang adzuki (11,8 hari) dibandingkan pada pakan yang lain dan berbeda nyata dengan keseluruhan perlakuan (Tabel 12).

Rerata lama hidup imago jantan *C. maculatus* berkisar antara 7,6 hingga 12,8 hari sedangkan rerata lama hidup betina berkisar antara 8,8 hingga 11,8. Imago betina memiliki lama hidup yang lebih panjang dibandingkan dengan jantan. Paukku dan Kotiaho (2005), menyatakan bahwa meningkatnya perkawinan ganda atau *multiple mating* dan riwayat kopulasi *C. maculatus* jantan dapat mempengaruhi lama hidup imago betina.

Tabel 5. Lama Hidup Imago *Callosobruchus maculatus* pada 5 Jenis Pakan

Perlakuan	Lama Hidup Imago Jantan (Hari) ($\bar{x} \pm SE$)	Lama Hidup Imago Betina (Hari) ($\bar{x} \pm SE$)
Kacang Tunggak	9,60 $\pm$ 0,40 b	9,00 $\pm$ 0,44 a
Kacang Hijau Kupas	10,40 $\pm$ 0,40 b	9,20 $\pm$ 0,66 a
Kacang Hijau	7,60 $\pm$ 0,60 a	9,60 $\pm$ 0,97 a
Kacang Adzuki	12,80 $\pm$ 0,37 c	11,80 $\pm$ 0,37 b
Kacang Lentil	9,20 $\pm$ 0,48 b	8,80 $\pm$ 0,37 a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (BNT, $P < 5\%$)

Adanya perbedaan lama hidup imago pada keseluruhan perlakuan diduga akibat adanya pengaruh perbedaan kandungan nutrisi pada pakan. Hasil uji korelasi antara kandungan nutrisi dan kekerasan biji dengan lama hidup imago jantan (Tabel Lampiran 19) menunjukkan adanya korelasi negatif yang sangat signifikan pada variabel lemak ($r=-0,561$; $P=0,001$), abu ($r=-0,542$; $P=0,000$) dan kekerasan biji ($r=-0,681$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah kandungan lemak dan abu serta semakin rendah kekerasan biji pada pakan maka semakin pendek masa hidup imago jantan. Hasil uji korelasi antara kandungan nutrisi dan kekerasan biji dengan lama hidup imago betina (Tabel Lampiran 19) menunjukkan adanya korelasi negatif yang sangat signifikan pada variabel lemak ($r=-0,652$; $P=0,000$) dan kekerasan biji ($r=-0,711$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah kandungan lemak pada pakan dan semakin rendah tingkat kekerasan biji maka semakin pendek masa hidup imago betina. Chapman (2013), menyatakan bahwa keseimbangan nutrisi pada pakan dapat mempengaruhi perkembangan dan masa hidup serangga. Sharma (2016) mengemukakan bahwa perbedaan suhu, kelembaban dan jenis kacang yang digunakan sebagai pakan mampu menyebabkan perbedaan pada lama hidup imago *C. maculatus*.

f. Fekunditas dan Fertilitas Telur

Hasil analisis ragam terhadap fekunditas *C. maculatus* pada 5 jenis pakan menunjukkan perbedaan yang sangat nyata (Tabel Lampiran 14). Rerata fekunditas *C. maculatus* lebih tinggi pada kacang tunggak (69,20 butir) dibandingkan dengan pakan lain, tetapi tidak berbeda nyata dengan kacang adzuki namun menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan kacang hijau kupas, kacang hijau dan kacang lentil. Rerata fekunditas *C. maculatus* lebih rendah pada kacang lentil (40,20 butir) dibandingkan pada pakan lain, tetapi tidak berbeda nyata dengan kacang hijau kupas (Tabel 13).

Tabel 6. Rerata Fekunditas dan Fertilitas Telur *Callosobruchus maculatus* pada 5 Jenis Pakan

Perlakuan	Fekunditas (Butir) ($\bar{x} \pm SE$)	Fertilitas Telur (%) ($\bar{x} \pm SE$)
Kacang Tunggak	69,20 $\pm$ 3,91 c	95,09 $\pm$ 6,05 ab
Kacang Hijau Kupas	43,80 $\pm$ 3,99 a	99,56 $\pm$ 0,43 b
Kacang Hijau	55,40 $\pm$ 0,81 b	97,13 $\pm$ 3,26 b
Kacang Adzuki	66,80 $\pm$ 1,06 c	85,70 $\pm$ 4,32 a
Kacang Lentil	40,20 $\pm$ 2,03 a	98,62 $\pm$ 1,97 b

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (BNT, $P < 5\%$).

Hasil analisis ragam pada fertilitas telur menunjukkan hasil yang berbeda nyata (Tabel Lampiran 15). Rerata fertilitas telur *C. maculatus* lebih tinggi pada kacang hijau kupas (99,56 %) dibandingkan dengan pakan lain, tetapi tidak berbeda nyata dengan rerata pada kacang lentil, kacang hijau dan kacang tunggak. Rerata fertilitas telur *C. maculatus* lebih rendah pada kacang adzuki (85,70%) dibanding dengan pakan lain, tetapi menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan kacang tunggak (Tabel 13).

Perbedaan yang signifikan pada fekunditas imago betina *C. maculatus* diduga dipengaruhi oleh perbedaan kandungan nutrisi pada tiap jenis pakan. Messina, 2004; Sharma, 2016, mengemukakan bahwa komposisi nutrisi pada jenis pakan mempengaruhi fekunditas imago betina *C. maculatus* sebab betina akan bertelur lebih banyak apabila perbanyak dilakukan pada kacang tunggak dibandingkan pada kacang hijau. Hal ini terjadi akibat adanya pengaruh inang terhadap fekunditas betina.

g. Praoviposisi

Analisis ragam pada rerata praoviposisi *C. maculatus* menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (Tabel Lampiran 16). Rerata lama praoviposisi *C. maculatus* pada keseluruhan perlakuan berkisar antara 1 hingga 1,2 hari. Menurut Arjanbhai (2015) rerata praoviposisi imago *C. maculatus* berbeda-beda pada tiap jenis kacang. Pada kacang tunggak berkisar antara 3 sampai 7 jam sedangkan pada kacang arab praoviposisi berkisar antara 4 hingga 8 jam.

Tabel 7. Rerata Praoviposisi *Callosobruchus maculatus* pada 5 Jenis Pakan

Perlakuan	Praoviposisi (Hari) ($\bar{x} \pm SE$)
Kacang Tunggak	1,0 $\pm$ 0,0
Kacang Hijau Kupas	1,0 $\pm$ 0,0
Kacang Hijau	1,0 $\pm$ 0,0
Kacang Adzuki	1,0 $\pm$ 0,0
Kacang Lentil	1,2 $\pm$ 0,2

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (BNT, $P < 5\%$).
Data ditransformasi dalam bentuk Log(x) untuk kepentingan analisis;
SE= standar eror

h. Siklus Hidup

Hasil analisis ragam terhadap siklus hidup *C. maculatus* menunjukkan hasil yang berbeda sangat nyata (Tabel Lampiran 17). Rerata siklus hidup *C. maculatus* lebih cepat pada kacang hijau (28,2 hari) dibandingkan pada pakan lain, tetapi tidak berbeda nyata dengan kacang tunggak. Rerata siklus hidup *C. maculatus* lebih lama pada kacang adzuki (33,8 hari) dibandingkan pada pakan lain dan menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan keseluruhan perlakuan.

Tabel 8. Rerata Siklus Hidup *Callosobruchus maculatus* pada 4 Jenis Pakan

Perlakuan	Siklus Hidup (Hari) ($\bar{x} \pm SE$)
Kacang Tunggak	28,4 $\pm$ 0,24 a
Kacang Hijau Kupas	30,8 $\pm$ 0,44 b
Kacang Hijau	28,2 $\pm$ 0,44 a
Kacang Adzuki	33,8 $\pm$ 1,30 c

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (BNT, $P < 5\%$).
Data ditransformasi dalam bentuk Log(x) untuk kepentingan analisis;
SE= standar eror

Perbedaan rerata siklus hidup *C. maculatus* pada berbagai jenis kacang diduga akibat adanya pengaruh dari sifat fisik dan kimia pakan. Hasil uji korelasi menunjukkan adanya korelasi negatif yang sangat signifikan antara kekerasan biji

($r=-0,975$; $P=0,000$) dan kandungan fenol ($r=-0,614$; $P=0,000$) dengan rerata siklus hidup *C. maculatus* (Tabel Lampiran 19). Hal ini menunjukkan bahwa tingginya tingkat kekerasan dan kandungan fenol dalam biji akan mempengaruhi siklus hidup *C. maculatus*. Pakan merupakan sumber energi bagi serangga sehingga kualitas dan kuantitas pakan dapat dianggap sebagai faktor yang berpotensi mempengaruhi siklus hidupnya (Karasov *et al.*, 2011 dalam Borzoui dan Nouri-Ganbalani, 2016). Preferensi serangga, pertumbuhan populasi dan perkembangannya dipengaruhi oleh perbedaan jenis dan kandungan nutrisi dalam pakan (Astuti *et al.*, 2018). Apabila nutrisi pada pakan tidak ada, seperti kadar air terlalu rendah, permukaan biji terlalu keras dan bentuk yang tidak sesuai maka akan mempengaruhi kelangsungan hidup serangga (Wagiman, 2019). Adanya kandungan fenol dalam pakan juga diketahui dapat mempengaruhi perkembangan serangga dimana semakin tinggi kadar fenol maka akan semakin lama masa perkembangan serangga (Patel, 2002 dalam Sharma 2016).

i. Persentase Penurunan Berat Pakan

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata pada penurunan berat pakan akibat serangan *C. maculatus* (Tabel Lampiran 8). Rerata persentase penurunan berat pakan lebih tinggi pada kacang tunggak (18 %) dibandingkan dengan pakan lainnya, tetapi tidak berbeda nyata dengan kacang adzuki, namun menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan kacang hijau kupas, kacang hijau, kacang merah dan kacang lentil. Persentase rerata penurunan berat pakan lebih rendah pada kacang merah (2,25%) dibandingkan dengan pakan lainnya, tetapi tidak berbeda nyata dengan kacang lentil (Tabel 16).

Tabel 9. Rerata Penurunan Berat Pakan Akibat Serangan *Callosobruchus maculatus* pada 6 Jenis Pakan

Perlakuan	Penurunan Berat Pakan (%) ($\bar{x} \pm SE$)
Kacang Tunggak	$18,00 \pm 2,08$ d
Kacang Hijau Kupas	$12,75 \pm 1,83$ bc
Kacang Hijau	$10,00 \pm 1,22$ b
Kacang Adzuki	$15,83 \pm 0,77$ cd
Kacang Merah	$2,25 \pm 0,15$ a
Kacang Lentil	$4,75 \pm 0,72$ a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (BNT, $P < 5\%$)

Perbedaan rerata persentase penurunan berat pakan diduga berhubungan dengan jumlah imago baru *C. maculatus* yang muncul (Tabel 9) dan indeks kepekaan (Tabel 17). Uji korelasi antara jumlah imago baru *C. maculatus* dengan persentase penurunan berat pakan (Tabel Lampiran 21) menunjukkan hasil positif yang sangat signifikan ($r=0,801$; $P=0,000$) begitu pula dengan uji korelasi antara indeks kepekaan dengan persentase penurunan berat pakan ($r=0,814$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan bahwa tingginya jumlah imago yang muncul dan tingginya tingkat kepekaan suatu jenis pakan akan mempengaruhi tingginya persentase penurunan berat pakan. Yoshida *et al.* (1990), mengemukakan bahwa persentase penurunan berat pakan meningkat saat larva memasuki instar tiga hingga stadia pupa namun, penurunan yang paling tinggi terjadi akibat aktifitas makan larva instar empat selain itu, perbedaan pada nilai penurunan berat pakan dapat terjadi karena perbedaan ukuran biji sehingga jumlah imago yang muncul bervariasi. Badii *et al.* (2013), menyatakan bahwa pada umumnya penurunan berat pakan berkorelasi positif dengan kemunculan imago dan indeks kepekaan. Lebih lanjut Baidoo *et al.* (2010), mengemukakan bahwa kemunculan imago baru yang tinggi menyebabkan penurunan berat pakan yang tinggi dan menimbulkan banyaknya lubang pada biji sehingga dapat mempengaruhi nilai ekonomi.

j. Indeks Kepekaan (IK)

Berdasarkan hasil perhitungan indeks kepekaan dapat diketahui bahwa kacang tunggak, kacang hijau dan kacang adzuki termasuk dalam kategori sangat peka, kacang hijau kupas termasuk kategori peka, kacang lentil termasuk dalam kategori agak tahan dan kacang merah termasuk dalam kategori yang tahan terhadap serangan *C. maculatus* (Tabel 17).

Tabel 10. Rerata Nilai dan Kategori Indeks Kepekaan 6 Jenis Pakan

Perlakuan	Indeks Kepekaan	Kategori
Kacang Tunggak	12,41	Sangat Peka
Kacang Hijau Kupas	8,88	Peka
Kacang Hijau	11,37	Sangat Peka
Kacang Adzuki	11,26	Sangat Peka
Kacang Merah	0	Tahan
Kacang Lentil	6,67	Agak tahan

Jumlah imago baru *C. maculatus* yang muncul (Tabel 9) diduga berhubungan dengan tingkat kepekaan berbagai jenis pakan. Hasil uji korelasi

antara jumlah imago baru yang muncul dengan IK (Tabel Lampiran 21) menunjukkan adanya korelasi positif yang sangat signifikan ($r=0,868$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penurunan berat pakan maka semakin peka jenis pakan tersebut terhadap serangan *C. maculatus*. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Badii *et al.* (2013), dimana persentase jumlah imago yang muncul berkorelasi positif dengan indeks kepekaan beberapa varietas kacang tunggak.

Pada Tabel 16 kacang merah yang termasuk kategori tahan mengalami penurunan berat pakan yang lebih rendah dibandingkan pada kacang lentil yang tergolong dalam kategori agak tahan dan kacang hijau kupas yang termasuk dalam kategori peka, serta kacang tunggak, kacang hijau dan kacang adzuki yang termasuk dalam kategori sangat peka. Hasil uji korelasi antara penurunan berat pakan dengan IK (Tabel Lampiran 21) menunjukkan adanya korelasi positif yang sangat signifikan ($r=0,814$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penurunan berat pakan maka semakin peka jenis pakan terhadap serangan *C. maculatus*. Rahardjo *et al.* (2017) menyatakan bahwa kepekaan biji jagung berkorelasi dengan kekerasan biji dan penurunan berat pakan akibat serangan *Sitophilus zeamais*, semakin rendah tingkat kekerasan biji maka semakin peka biji tersebut terhadap serangan *S. zeamais*. Hasil uji korelasi antara kekerasan biji dan IK (Tabel Lampiran 18) menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif yang sangat signifikan ($r=-0,864$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah tingkat kekerasan biji maka semakin peka jenis pakan terhadap serangan *C. maculatus*. Dobie, (1974), mengemukakan bahwa kekerasan biji memiliki hubungan yang signifikan dengan tingkat kepekaan, hal ini dipengaruhi oleh sedikitnya kandungan amilosa pada biji.

4.2 Pembahasan Umum

Serangga *C. maculatus* memiliki respon pertumbuhan dan perkembangan yang berbeda pada enam jenis pakan. Badii *et al.* 2013; Soumia *et al.* 2015; Osman *et al.* 2015, menyatakan bahwa jumlah telur, jumlah imago yang muncul, rerata lama perkembangan, lama hidup imago dan persentase penurunan berat pakan dapat digunakan sebagai salah satu tanda untuk mengetahui tingkat kepekaan biji kacang terhadap serangan *C. maculatus*. Hasil perhitungan indeks kepekaan menunjukkan

bahwa kacang tunggak, kacang hijau dan kacang adzuki termasuk dalam kategori sangat peka, kacang hijau kupas termasuk kategori peka, kacang lentil termasuk dalam kategori agak tahan dan kacang merah termasuk dalam kategori yang tahan terhadap serangan *C. Maculatus*.

Berdasarkan hasil pengamatan jumlah telur umumnya serangga *C. maculatus* lebih banyak meletakkan telur pada kacang adzuki, kacang merah dan kacang hijau dibandingkan pada jenis pakan lainnya. Hal tersebut karena imago betina *C. maculatus* lebih menyukai kacang dengan ukuran yang besar dan memiliki permukaan kulit licin sebagai tempat peletakan telur. Messina, 2004; Sharma, 2016; Adebayo dan Ogunleke, 2016, menyatakan bahwa adanya preferensi peletakan telur dikarenakan imago betina *C. maculatus* memiliki kemampuan untuk menilai sumber pakan berdasarkan ukuran biji hal ini dilakukan untuk menghindari adanya kompetisi larva di dalam butiran. Hasil uji korelasi antara variabel protein berkorelasi negatif dengan variabel jumlah telur ($r=-0,528$; $P=0,008$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah kandungan protein maka akan mempengaruhi jumlah telur yang diletakkan oleh imago betina. Susrama (2017), menyatakan bahwa kandungan protein yang terlalu rendah pada pakan dapat menyebabkan masalah pada pematangan ovarium dalam pembentukan telur. Sebaliknya apabila kandungan protein pada pakan terlalu tinggi, maka masa hidup serangga akan semakin pendek.

Berdasarkan hasil pengamatan jumlah imago baru yang muncul pada umumnya lebih banyak pada kacang adzuki, kacang tunggak dan kacang hijau. Hasil uji korelasi kekerasan biji dengan jumlah imago baru menunjukkan adanya korelasi negatif yang sangat signifikan ($r=-0,713$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan rendahnya tingkat kekerasan biji dapat memengaruhi banyaknya jumlah imago yang muncul. Arotolu *et al.*, (2018) menyatakan bahwa terdapat hubungan korelasi yang signifikan antara kekerasan biji kacang tunggak dengan perilaku oviposisi *C. maculatus*, munculnya imago baru, kerusakan pada biji dan penurunan berat pakan. Kemudian hasil uji korelasi antara fenol total dengan jumlah imago baru menunjukkan hasil korelasi positif yang sangat signifikan ($r=0,805$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan bahwa kandungan fenol yang tinggi pada kacang dapat mempengaruhi jumlah imago yang muncul. Fotso *et al.* (2019), menyatakan bahwa

jumlah progeni *C. maculatus* yang muncul dipengaruhi oleh adanya kandungan senyawa fenol. Lebih lanjut, Astuti *et al.* (2013), mengemukakan bahwa tingginya kandungan fenol dan kekerasan butiran pada beras giling berpengaruh terhadap rendahnya jumlah telur, rendahnya jumlah keturunan F_1 yang muncul dan lambatnya perkembangan *Rhyzopertha dominica*.

Pada kacang merah terjadi penghambatan pertumbuhan dan perkembangan *C. maculatus* yang disebabkan oleh adanya kandungan jenis protein tertentu. Yoshida *et al.* (1990), mengemukakan bahwa kacang merah memiliki kandungan protein *phyohemagglutinin* (lektin) yang bersifat toksik sehingga mampu menyebabkan kematian pada larva instar pertama serangga *C. maculatus*. Lebih lanjut, Huesing *et al.*, 1991; Nishizawa *et al.*, (2007) dalam Souza *et al.*, (2010) menyatakan bahwa perkembangan larva *C. maculatus* hanya akan berhasil apabila larva mampu mencerna senyawa pertahanan dalam biji. Senyawa pertahanan berbasis protein yang terdapat pada kacang famili Phaseoleae dan Fabaceae adalah lektin termasuk arselin, lektin phytohemagglutinin dan inhibitor α -amilase.

Hasil pengamatan terhadap *sex ratio* menunjukkan hasil imago *C. maculatus* yang muncul didominasi oleh jantan pada keseluruhan perlakuan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sharma *et al.* (2016), dimana rasio jantan dan betina *C. maculatus* pada kacang arab, kacang polong, kacang hitam, kacang hijau dan kacang tunggak didominasi oleh jantan dengan masing-masing rasio 1:0,99; 1:0,89; 1:0,82; 1:0,67; 1:0,59.

Pengamatan pada variabel stadium telur menunjukkan bahwa perkembangan *C. maculatus* pada umumnya terjadi lebih cepat pada kacang hijau dibandingkan pada kelima jenis pakan lainnya. Kemudian stadium larva lebih cepat pada kacang hijau dan kacang tunggak, sedangkan stadium pupa lebih cepat pada kacang tunggak dibandingkan dengan jenis kacang lainnya. Hal ini diduga karena adanya perbedaan kandungan nutrisi pada pakan. Chapman (2013), menyatakan bahwa kualitas dan kuantitas nutrisi pada pakan dapat mempengaruhi lama perkembangan, khususnya pada stadium larva. Lebih lanjut, Augustine dan Balikai (2019), mengemukakan bahwa masa inkubasi telur dapat dipengaruhi oleh keadaan geografi, iklim dan perbedaan jenis pakan.

Pada kacang lentil perkembangan fase pupa tidak dapat diamati karena jumlah larva yang berhasil menjadi pupa sangat terbatas, hal ini diduga karena adanya ketidakcocokan pakan. Messina dan Jones (2009) melaporkan bahwa kacang lentil merupakan inang yang paling buruk bagi serangga *C. maculatus* sehingga jumlah larva yang berhasil berkembang mendekati nol.

Hasil pengamatan lama hidup imago menunjukkan bahwa umumnya imago betina memiliki lama hidup yang lebih pendek dibandingkan dengan jantan. Hal ini terjadi karena riwayat kopulasi *C. maculatus* jantan dan adanya perkawinan ganda (*multiple mating*) dapat mempengaruhi lama hidup imago betina (Paukku dan Kotiaho, 2005). Selain itu adanya perbedaan lama hidup imago pada keseluruhan perlakuan terjadi akibat adanya pengaruh perbedaan kandungan nutrisi pada pakan. Hasil uji korelasi antara kandungan nutrisi dengan lama hidup imago jantan menunjukkan adanya korelasi negatif yang sangat signifikan pada variabel lemak ($r=-0,561$; $P=0,001$), abu ($r=-0,542$; $P=0,000$) dan kekerasan biji ($r=-0,681$; $P=0,000$). Kemudian hasil uji korelasi antara kandungan nutrisi dan kekerasan biji dengan lama hidup imago betina menunjukkan adanya korelasi negatif yang sangat signifikan pada variabel lemak ($r=-0,652$; $P=0,000$) dan kekerasan biji ($r=-0,711$; $P=0,000$). Chapman, 2013; Sharma, 2016, menyatakan bahwa keseimbangan nutrisi pada pakan, perbedaan suhu dan kelembaban dapat mempengaruhi perkembangan dan masa hidup serangga.

Fekunditas imago betina *C. maculatus* pada umumnya lebih tinggi pada kacang tunggak dibandingkan pada jenis kacang lainnya dengan persentase fertilitas telur berkisar antara 85,70% sampai 99,56% pada keenam jenis pakan. Hal ini terjadi akibat pengaruh dari perbedaan nutrisi pada pakan. Messina, 2004; Sharma 2016, mengemukakan bahwa jenis pakan dengan komposisi nutrisi yang berbeda mempengaruhi fekunditas imago betina *C. maculatus* sebab betina akan bertelur lebih banyak apabila perbanyakannya dilakukan pada kacang tunggak jika dibandingkan dengan kacang hijau. Hal ini terjadi akibat adanya pengaruh inang terhadap fekunditas betina.

Hasil penelitian siklus hidup yang telah dilakukan menunjukkan bahwa terdapat empat jenis pakan (kacang tunggak, kacang hijau kupas, kacang, hijau dan kacang adzuki) yang dapat mendukung perkembangan *C. maculatus*. Perbedaan

rerata siklus hidup terjadi akibat adanya pengaruh dari sifat fisik dan kimia pakan. Hasil uji korelasi menunjukkan adanya korelasi negatif yang sangat signifikan antara kekerasan biji ($r=-0,975$; $P=0,000$) dan kandungan fenol ($r=-0,614$; $P=0,000$) dengan rerata siklus hidup *C. maculatus*. Hal ini menunjukkan bahwa tingginya tingkat kekerasan butiran dan kandungan fenol dalam biji akan mempengaruhi siklus hidup *C. maculatus*. Pakan merupakan sumber energi bagi serangga sehingga kualitas dan kuantitas pakan dapat dianggap sebagai faktor yang berpotensi mempengaruhi siklus hidupnya (Karasov *et al.*, 2011 dalam Borzoui dan Nouri-Ganbalani, 2016). Preferensi serangga, pertumbuhan populasi dan perkembangannya dipengaruhi oleh perbedaan jenis dan kandungan nutrisi dalam pakan (Astuti *et al.*, 2018). Apabila nutrisi pada pakan tidak ada, seperti kadar air terlalu rendah, permukaan biji terlalu keras dan bentuk yang tidak sesuai maka akan mempengaruhi kelangsungan hidup serangga (Wagiman, 2019). Adanya kandungan fenol dalam pakan juga diketahui dapat mempengaruhi perkembangan serangga dimana semakin tinggi kadar fenol maka akan semakin lama masa perkembangan serangga (Patel, 2002 dalam Sharma 2016).

Hasil dari perhitungan penurunan berat pakan menunjukkan pada umumnya kacang tunggak mengalami kehilangan berat pakan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelima jenis pakan lainnya. Uji korelasi antara jumlah imago baru *C. maculatus* dengan persentase penurunan berat pakan menunjukkan hasil positif yang sangat signifikan ($r=0,801$; $P=0,000$) begitu pula dengan uji korelasi antara kepekaan jenis pakan dengan persentase penurunan berat pakan ($r=0,814$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan bahwa tingginya jumlah imago yang muncul dan tingginya tingkat kepekaan suatu jenis pakan akan mempengaruhi tingginya persentase penurunan berat pakan. Menurut Yoshida *et al.* (1990) persentase penurunan berat pakan meningkat saat larva memasuki instar tiga hingga stadia pupa namun, penurunan yang paling tinggi terjadi akibat aktifitas makan larva instar empat selain itu, perbedaan pada nilai penurunan berat pakan dapat terjadi karena perbedaan ukuran biji sehingga jumlah imago yang muncul bervariasi. Badii *et al.* (2013) menyatakan bahwa pada umumnya penurunan berat pakan berkorelasi positif dengan kemunculan imago dan indeks kepekaan. Kemunculan imago baru yang tinggi menyebabkan penurunan berat pakan yang tinggi dan menimbulkan

banyaknya lubang pada biji sehingga dapat mempengaruhi nilai ekonomi Baidoo *et al.* (2010).

Hasil uji korelasi antara jumlah imago baru yang muncul dengan IK menunjukkan adanya korelasi positif yang sangat signifikan ($r=0,868$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penurunan berat pakan maka semakin peka jenis pakan tersebut terhadap serangan *C. maculatus*. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Badii *et al.* (2013) dimana persentase jumlah imago yang muncul berkorelasi positif dengan indeks kepekaan beberapa varietas kacang tunggak. Hasil uji korelasi antara penurunan berat pakan dengan IK menunjukkan adanya korelasi positif yang sangat signifikan ($r=0,814$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penurunan berat pakan maka semakin peka jenis pakan tersebut terhadap serangan *C. maculatus*. Rahardjo *et al.* (2017) menyatakan bahwa kepekaan biji jagung berkorelasi dengan kekerasan biji dan penurunan berat pakan akibat serangan *Sitophilus zeamais*, semakin rendah tingkat kekerasan biji maka semakin peka biji tersebut terhadap serangan *S. zeamais*. Hasil uji korelasi antara kekerasan biji dan IK menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif yang sangat signifikan ($r=-0,864$; $P=0,000$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah tingkat kekerasan biji maka semakin peka jenis pakan terhadap serangan *C. maculatus*. Dobie, (1974), mengemukakan bahwa kekerasan biji memiliki hubungan yang signifikan dengan tingkat kepekaan, hal ini dipengaruhi oleh sedikitnya kandungan amilosa.

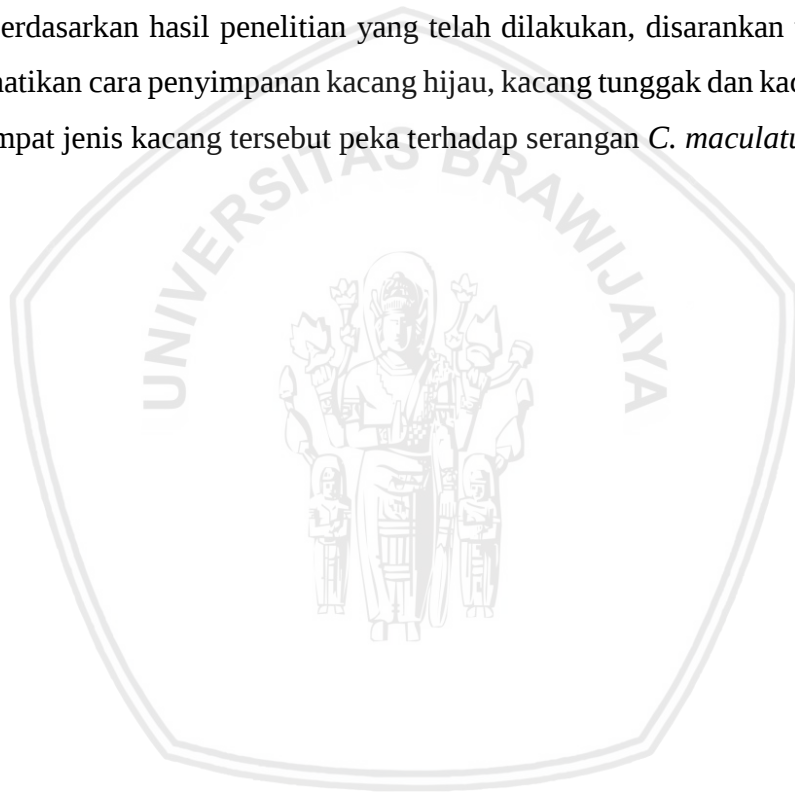
V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kacang tunggak, kacang hijau dan kacang adzuki termasuk dalam kategori sangat peka, kacang hijau kupas termasuk kategori peka, kacang lentil termasuk dalam kategori agak tahan dan kacang merah termasuk dalam kategori yang tahan terhadap serangan *C. maculatus*

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk lebih memperhatikan cara penyimpanan kacang hijau, kacang tunggak dan kacang adzuki karena empat jenis kacang tersebut peka terhadap serangan *C. maculatus*.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Rahman, S.A., F.A. El-Fishawy, M.A. El-Geddawy dan T. Kurz. 2008. Isolation and Physico-Chemical Characterization of Mung Bean Starches. *International Journal of Food Engineering*, 4(1): 1556-3758
- Adebayo, R.A. dan O.M. Ogunleke. 2016. Influence of Seed on the Performance of *Callosobruchus maculatus* in Four Cowpea Varieties. *Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 2(10): 164-168
- Ahlawat, I.P.S. 2012. Agronomy–Rabi Crops, Lentil. Division of Agronomy Indian Agricultural Research Institute, New Delhi. p 1-2
- Ariani, M. 2005. Penawaran dan Permintaan Komoditas Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian di Indonesia. *Jurnal Sosial Ekonomi dan Agribisnis (SOCA)*, 5(1): 1-19
- Arjanbhai, C.J. 2015. Biology, Life Table and Management of *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) on Different Stored Pulses (Thesis). Department of Entomology Junagadh Agricultural University
- Arotolu, T.E, J.A. Adeyemi dan C.O Adedire. 2018. Influence of Intrinsic Factors of Cowpea seed Varieties on the Cowpea Weevil, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Crop Protection*, 7(2): 219-229
- Astuti, L.P., G. Mudjiono, S. R. Chailani dan B.T. Rahardjo. 2013. Susceptibility of Milled Rice Varieties to The Lesser Grain Borer (*Rhyzopertha dominica*, F). *Journal of Agricultural Science*, 5(2): 145-149
- Astuti, L.P., M.B. Mario dan T. Widjayanti. 2018. Preference, Growth, and Development of *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) on Red, White and Black Rice in Whole Grain and Flour Form. *Journal of Entomological Research*, 42(2): 461-468
- Augustine, N. dan R.A. Balikai. 2019. Biology of Pulse Beetle, *Callosobruchus chinensis* (Linnaeus) on Cowpea Variety DC-15. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(1): 513-516
- Badii, K.B., S.K. Asante dan E.N.K, Sowley. 2013. Varietal Susceptibility of Cowpea (*Vigna Unguiculata* L.) to the Storage Beetle, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). *International Journal of Scientific & Technology Research*, 2(4): 82-89
- Baidoo, P.K., M.B. Mochiah dan M. Owusu –Akyaw. 2010. The Effect of Time of Harvest on the Damage Caused by the Cowpea Weevil *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal Stored Products and Postharvest Research*, 1(3): 24-28

- Bailey, P.T. 2007. Pest of Field Crops and Pastures Identification and Control. CSIRO Publishing: Australia. p 214-216
- Bala, K., A.K. Sood, V.S. Pathania dan S. Thakur. 2018. Effect of Plant Nutrition in Insect Pest Management: A Review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4): 2737-2742
- Baributsa, D., I. Baoua, J. Lowenberg-DeBoer, T. Abdoulaye dan L.L. Murdock. 2013. Purdue Improved Cowpea Storage (Pics) Technology. Purdue Extension. p 1-4
- Beck, C.W. dan L.S. Blumer. 2011. A Handbook on Bean Beetles, *Callosobruchus maculatus*. National Science Foundation. [Online]. Available at: <http://beanbeetles.org> (Verified 2 May 2019)
- Blair, M.W., X. Wu, D. Bhandari, X. Zhang dan J. Hao. 2016. Role of Legumes for and as Horticultural Crops in Sustainable Agriculture. *Organic Farming for Sustainable Agriculture*, 185-211
- Borzoui, E., B. Naseri dan G. Nouri-Ganbalani. 2016. Effects of Food Quality on Biology and Physiological Traits of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*, 110(1): 266-273
- Cambon, S dan R. Rachaputi. 2012. Ei-ado Web; Value Chain Studi Kacang-Kacangan. Eastern Indonesia-Agribusiness Development Opportunities (El-ADO). Australian Centre for International Agricultural Research. [Online] Available at: www.ei-ado.com.au. (Verified 13 January. 2019)
- Cambon, S dan R. Rachaputi. 2012. Ei-ado Web; Value Chain Studi Kacang-Kacangan. Eastern Indonesia-Agribusiness Development Opportunities (El-ADO). Australian Centre for International Agricultural Research. [Online] Available at: www.ei-ado.com.au. (Verified 13 January. 2019)
- Chapman, R. F. 2013. *Insect Structure and Function* Fifth Edition. Cambridge University Press: United Kingdom. p 81-98
- Chaudhary, R. dan S. Sharma. 2013. Conventional Nutrients and Antioxidants in Red Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) an Explorative and Product Development Endeavour. *Journal of Annals Food Science and Technology*, 14(2), 275-285
- Cokkizgin, A dan J.Y.S. Munqez. 2013. Lentil: Origin, Cultivation Techniques, Utilization and Advances in Transformation. *Journal of Agricultural Science*, 1(1): 55-62
- De Almeida Costa, G. E., K. da Silva Queiroz-Monici, S. M. Pissini Machado Reis dan A. C. de Oliveira. 2006. Chemical Composition, Dietary Fibre and Resistant Starch Contents of Raw and Cooked Pea, Common Bean, Chickpea and Lentil Legumes. *Journal of Food Chemistry*, 94(3), 327–330

- Devi, M. B dan N.V. Devi. 2014. Biology and Morphometric Measurement of Cowpea Weevil, *Callosobruchus maculatus* Fabr. (Coleoptera: Chrysomelidae) in Green Gram. Journal of Entomology and Zoology Studies, 2(3): 74-77
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. 1981. Daftar Komposisi Bahan Makanan. Bhratara Karya Aksara. Jakarta. 57pp
- Dobie, P. 1974. The Laboratory Assessment of the Inherent Susceptibility of Maize Varieties to Post-Harvest Infestation by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera, Curculionidae). Journal of Stored Products Research, 10: 183-197
- Dostalova, J., P. Kaldec, J. Bernaskova, M. Houska dan J. Strohaln. 2009. The Change of α -Galactosides during Germination and High Pressure Treatment of Legume Seeds. Czech Journal of Food Science, 27: 76-79
- El-Heneidy, A.H., A.A. Khidr dan A.A. Taman. 2015. Side-effects of Insecticides on Non-target Organisms:1-in Egyptian Cotton Fields. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 25(3): 685-690
- Fatima, M. Shah, A. Usman, K. Sohail, M. Afzaal, B. Shah, M. Adnan, N. Ahmed, K. Junaid, S. R. A. Shah dan I. Rahman. 2016. Rearing and Identification of *Callosobruchus maculatus* (Bruchidae: Coleoptera) in Chickpea. Journal of Entomology and Zoology Studies, 4(2): 264-266
- Fotso, T.G., H.K. Tofel, J.P. Abdou, N. Tchao, C.M. Zourmba, C. Adler dan E.N. Nukenine. 2019. Control of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) Using Fractionated Extracts from Cameroonian *Hemizygia welwitschii* (Lamiaceae) Leaf on Stored *Vigna unguiculata* (Fabales: Fabaceae). Journal of Insect Science, 19(2): 1-9
- Frank, J. M. dan J. C. Jones. 2009. Does Rapid Adaptation to a Poor-Quality Host by *Callosobruchus maculatus* (F.) cause Cross-Adaptation to Other Legume Host?. JSTOR Product Research, 45: 215-219
- Gohara, A. K., A. H. P. Souza, S. T. M. de Gomes, N. E. de Souza, J. V. Visentainer dan M. Matsushita. 2016. Nutritional and Bioactive Compounds of Adzuki Beans Cultivars using Chemometric Approach. Journal of Ciencia e Agrotecnologia, 40(1), 104–113
- Hagstrum, D.W dan B. Subramanyam. 2009. Stored-Product Insect Resource. AACC International. St. Paul, Minnesota. p 41
- Hagstrum, D.W., T. Klejdysz, B. Subramanyam dan J. Nawrot. 2013. Atlas of Stored-Product Insect and Mites. AACC International Press. St. Paul., Minnesota. p 28-29
- Hagstrum, D.W., T.W. Phillips dan G. Cuperus. 2012. Stored Product Protection. K-State Research and Extension. Kansas State University. p 13-14

- Haouel-Hamdi, S., M. Labidi, M. Hedjal-Chebheb, A. Aouji, E. Boushih dan J. Mediouni-Ben Jemâa. 2018. Rapid Ability Adaptation of *Callosobruchus maculatus* to a Novel Host *Vigna unguiculata*. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 13: 113-121
- Haouel-Hamdi, S., Titouhi, F., Boushih, E., Dhraief, M.Z., Amri, M. dan M.B. Jemaa, J. 2017. Population Demographic and Reproductive Parameters of the Cowpea Seed Beetle *Callosobruchus maculatus* Infesting Stored Lentil and Chickpea Commodities. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 12: 67-81
- Hill, D.S. 2003. *Pest of Stored Foodstuffs and Their Control*. Kluwer Academic Publishers: New York. p 19-225
- Hu, F., G. N. Zhang dan J. J. Wang. 2009. Scanning Electron Microscopy Studies of Antennal Sensilla of Bruchid Beetles, *Callosobruchus chinensis* (L.) dan *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Micron*, 40(3): 320-326
- Iloba, B.N. dan S.B.A. Umoetok. 2007. Development of *Callosobruchus maculatus* Fabricius on Grain Legumes Used as Cover Crops. *Agricultural Journal*, 2(1): 97-100
- Islam, M. S., F. Akhter, R. Laz. dan S. Parween. 2007. Oviposition Preference of *Callosobruchus maculatus* (F.) to Common Pulses and Potentially of Triflumuron as Their Protectant. *Journal of Bio-Science*, 15: 83-88
- ITIS. 2019. *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775). [Online] Available at https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=187743&print_version=PRT&source=to_print#null. (Verified 27 Agustus 2019)
- Jayaraj, S. dan S. Uthamasamy. 1990. Aspects of Insect Resistance in Crop Plants. *Proceedings Indian Academy Science. (Animal Science.)*, 99(3): 211-224
- Kardiyono. 2012. Efektivitas Abu Sekam dan Minyak Goreng pada Pengendalian Hama Gudang Kacang Hijau. *Buletin Informasi dan Diseminasi Inovasi Teknologi Pertanian (IKATAN) Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Banten* 2(1): 10 [Online]. Available at: <https://banten.litbang.Pertanian.go.id>. (Verified 3 June 2019)
- Kazemi, F., A. A. Talebi, F. Yaghoub dan S. Farahani. 2009. A Comparative Study on the Effect of Four Leguminous Species on Biological and Population Growth Parameters of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Advance in Environmental Biology*, 3(3): 226-232
- Lopulalan, C.G.C. 2010. Analisa Ketahanan Beberapa Varietas Padi Terhadap Serangan Hama Gudang (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). *Jurnal Budidaya Pertanian*, Vol. 6 No. 1. pp 11-16

- Messina, F.J. 2004. How Labile are the Egg-Laying Preferences of Seed Beetles?. *Journal of Ecological Entomology*, 29: 318-326
- Messina, F.J. dan J.C. Jones. 2009. Does Rapid Adaptation to a Poor-Quality Host by *Callosobruchus maculatus* cause Cross-Adaptation to Other Legume Host?. *Journal of Stored Product Research*, 45: 215-219
- Mitchell, R. 1975. The Evolution of Oviposition Tactics in the Bean Weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.). *Ecology*, 56(3), 696–702
- Osman, M.A.M., M.F. Mahmoud dan K.M Mohamed. 2015. Susceptibility of Certain Pulse Grains to *Callosobruchus maculatus* (F.) (Bruchidae: Coleoptera), and Influence of Temperature on Its Biological Attributes. *Journal of Applied Plant Protection*, 3: 9-15
- Paukku, S. dan J.S. Kotiaho. 2005. Cost of Reproduction in *Callosobruchus maculatus*: Effect of Mating on Male Longevity and the Effect of Male Status on Female Longevity. *Journal of Insect Physiology*, 51: 1220-1226
- Proctor, D.L. (ed). 1994. Grain Storage Techniques Evolution and Trend in Developing Countries. *FAO Agricultural Bulletin No. 109*. 37pp
- Putriningtyas, N. D. dan S. Wahyuningsih, 2018. Potensi Yogurt Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L) Ditinjau dari Sifat Organoleptik, Kandungan Protein, Lemak dan Flavonoid. *Jurnal Gizi Indonesia*, 6(1), 37-43
- Rahardjo, B.T., L.P. Astuti, A.N. Sugiarto dan A. Rizali. 2017. Susceptibility of Maize Genotypes to Maize Weevil *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 39(3): 329-334
- Rahman, T. dan A. Triyono. 2018. Pemanfaatan Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L.) menjadi Susu Kental Manis Kacang Hijau. *Prosiding SNaPP2011 Sains, Teknologi, dan Kesehatan*. Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI, Subang
- Rees, D. 2004. *Insect of Stored Products*. CSIRO Publishing: Australia. p 39-46
- Rees, D. 2007. *Insect of Stored Grain a Pocket Reference Second Edition*. CSIRO Publishing: Australia. p 20
- Sadozai, A. M. Naeem, Inayatullah, M. Shah dan A. Ali. 2003. Host Preference of Pulse Beetle *Callosobruchus maculatus* in Different Legumes. *Journal of Agriculture*, 19(4): 557-561
- Sahadevan, S., O. U. Rani dan C. Praveen. 2012. *Aug. Kidney Beans: King of Nutrition. Facts For You*, New Delhi. p 15-18
- Samsuddin, F. Soesanthy dan Syafaruddin. 2016. Aktivitas Repelensi dan Insektisidal Beberapa Ekstrak dan Minyak Nabati terhadap Hama Gudang *Ephestia cautella*. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 3(2): 117-126

- Semeao, A. A., Campbell, J. F., Whitworth, R. J. dan Sloderbeck, P. E. 2011. Response of *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* Adults to Vertical Black Shapes and its Potential to Improve Trap Capture. *Journal of JSTOR Products Research*, 47(2): 88–94
- Shankar, U. dan D.P. Abrol. 2012. *Integrated Pest Management in Stored Grains*. CAB International. Pp 386-407
- Sharma, R., R. Devi, A. Soni, U. Sharma, S. Yadev, R. Sharma dan A. Kumar. 2016. Growth and Developmental Responses of *Callosobruchus maculatus* (F.) on Various Pulses. *Journal of ARCC Legume Research*, 39 (5): 840-843
- Smith. C.M. 1989. *Plant Resistance to Insect. A Fundamental Approach*. John Wiley & Sons. Inc. 286pp
- Soumia, P.S., C. Srivastava, H.K. Dikshit dan G.G.P. Pandi. 2015. Screening for Resistance Against Pulse Beetle, *Callosobruchus analis* (F.) in Greengram (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) Accessions. *Proceedings of the National Acadademy of Science, India Sections B: Biological Science*
- Souza, S.M., A.F. Uchoa, J.R. Silva, R.I. Samuels, A.E.A. Oliveira, E.M Oliveira, R.T. Linhares, D. Alexandre dan C.P. Silva. 2010. The Fate of Vicilins, 7S Storage Globulins, in Larvae and Adult *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *Journal of Insect Physiology*, 56: 1120-1138
- Susrama, I.G.K. 2017. Kebutuhan Nutrisi dan Substansi dalam Pakan Buatan Serangga (Artikel Ulasan). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 6(3): 310-318
- Tripathi, K., S.K. Chauhan, P.G. Gore, T.V. Prasad, K. Srinivasan dan S. Bhalla. 2014. Screening of Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] Accessions Against Pulse-Beetle, *Callosobruchus chinensis* (L.). *Arcc Journals Legume Research*, 38 (5): 675-680
- Triwitono, P., Y. Marsono, A. Murdiati dan D. W. Marseno. 2016. Isolasi dan Karakterisasi Sifat Pati Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) Beberapa Varietas Lokal Indonesia. *Jurnal AGRITECH*, 37(2): 192-198
- Utida, S. (1972). Density Dependent Polymorphism in the Adult of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera, Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 8(2), 111–125
- Utomo, J.S dan S. S. Antarlina. 1998. Teknologi Pengolahan dan Produk-Produk Kacang Tunggak. *Monograf BALITKABI No.3-1998*. p 120-138
- Wagiman, F.X. 2019. *Hama Pascapanen dan Pengelolaannya*. Yogyakarta: UGM Press. 202pp

- Yoshida, T., K. Fujii, A.M.R. Gatehouse, C.D. Johnson dan R. Mitchel. 1990. Bruchid and Legumes: Economics, Ecology and Coevolution: Proceedings of the Second International Symposium on Bruchids and Legumes (ISBL-2). Springer Netherlands. p 9-10
- Zhang, R., Y. Li, Z. Wang, J. Guo, J. R. Napoles, Y. Ji dan C. Jiang. (2014). Contribution to the Knowledge of Seed-Beetles (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) in Xinjiang, China. Journal of ZooKeys, 466, 13–28

