

repository.ub.ac.id

**PENGEMBANGAN METODE *REARING* DENGAN PAKAN
BUATAN (*ARTIFICIAL DIET*) BERBAHAN DASAR TEPUNG
KEDELAI BAGI PERKEMBANGAN *Spodoptera exigua*
(Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae)**

Oleh
HILMAN HASYIM FIRDAUS



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**



**PENGEMBANGAN METODE *REARING* DENGAN PAKAN
BUATAN (*ARTIFICIAL DIET*) BERBAHAN DASAR TEPUNG
KEDELAI BAGI PERKEMBANGAN *Spodoptera exigua*
(Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae)**

OLEH:

HILMAN HASYIM FIRDAUS

155040201111094

**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**

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : Pengembangan Metode *Rearing* Dengan Pakan Buatan (*Artificial Diet*) Berbahan Dasar Tepung Kedelai Bagi Perkembangan *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae)

Nama : Hilman Hasyim Firdaus

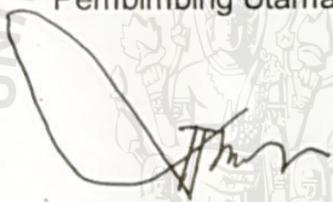
NIM : 155040201111094

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Toto Himawan, SU.

NIP. 19551119 198303 1 002

Diketahui,

Ketua Jurusan



Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.

NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan:

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PENGESAHAN

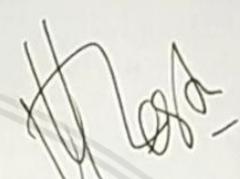
Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

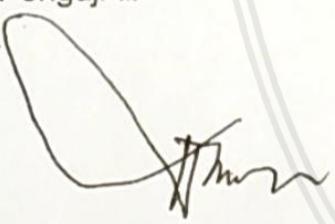
Penguji II


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

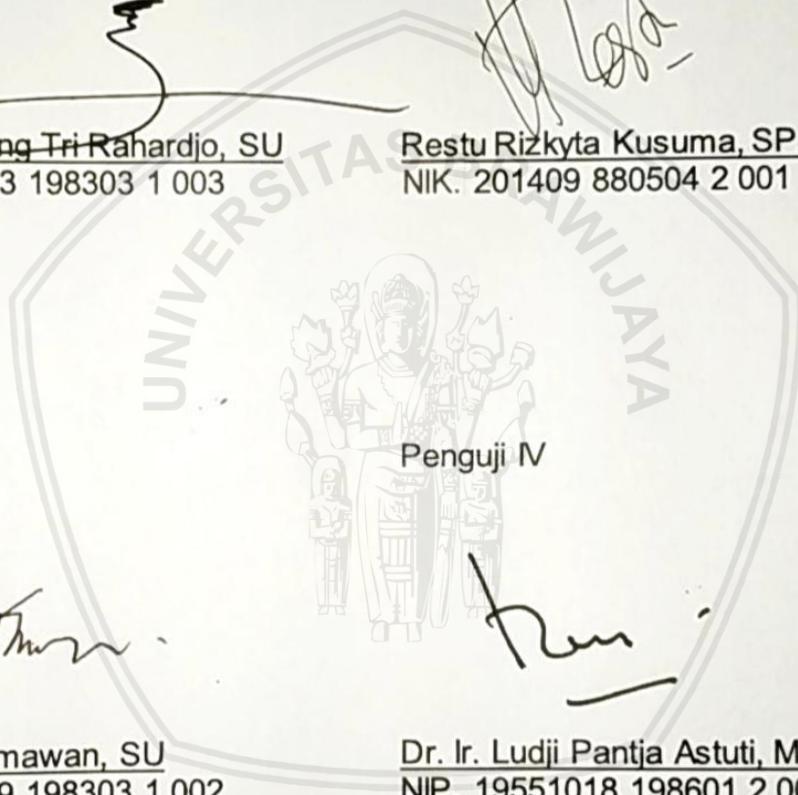

Restu Rizkyta Kusuma, SP., M.Sc
NIK. 201409 880504 2 001

Penguji III

Penguji IV


Dr. Ir. Toto Himawan, SU
NIP. 19551119 198303 1 002


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



Tanggal Lulus: 31 MAY 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 perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 22 April 2019

Hilman Hasyim Firdaus





Skripsi ini saya persembahkan untuk
Kedua orang tua tercinta serta Kakak dan Adikku tersayang

RINGKASAN

Hilman Hasyim Firdaus. 155040201111094. Pengembangan Metode Rearing Dengan Pakan Buatan (*Artificial Diet*) Berbahan Dasar Tepung Kedelai Bagi Perkembangan *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). Di bawah bimbingan Dr. Ir. Toto Himawan, SU.

Pemeliharaan serangga merupakan suatu metode perbanyakan serangga yang umumnya dilakukan di Laboratorium dengan memanipulasi kebutuhan perkembangan serangga yang dirancang oleh manusia. Berbagai aspek dalam mendukung sistem pemeliharaan serangga yang diantaranya merinci pada penyediaan lingkungan mikro yang meliputi suhu, kelembaban, kondisi cahaya, pertukaran gas, kebutuhan reproduksi, perlindungan dari kontaminasi mikroba, dan berbagai persyaratan lain yang terpenuhi di alam yang harus disediakan untuk pemeliharaan serangga. Selain itu, peranan dalam pemberian pakan sangat penting dalam keberlangsungan perkembangan serangga yang dipelihara di Laboratorium. Keterbatasan pakan alami yang seringkali hanya tersedia pada musim-musim tertentu membuat pakan buatan menjadi salah satu alternatif dalam mempertahankan kesinambungan pemeliharaan dalam biakan massal serangga. Kedelai dapat dijadikan alternatif pilihan sebagai modifikasi nutrisi utama pada pakan buatan (*artificial diet*). Oleh karena itu, penelitian tentang pemeliharaan *S. exigua* dengan menggunakan pakan buatan berbahan dasar tepung kedelai perlu dilakukan, mengetahui bahwa kedelai salah satu produk lokal yang mudah diperoleh di Indonesia diharapkan mampu memperoleh serangga uji *S. exigua* secara massal yang bermutu dari segi hasil dan keseragaman.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hama, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Januari sampai dengan Februari 2019. Pengamatan terhadap perlakuan pakan alami dan pakan buatan yang diamati terdiri dari variabel terikat dan bebas. Variabel terikat meliputi siklus hidup dan fekunditas imago *S. exigua*, sedangkan untuk variabel bebas meliputi morfologi, perilaku, bobot pupa, nisbah kelamin dan abnormalitas imago dalam siklus hidup. Data yang diperoleh akan dianalisis dengan uji T dengan taraf kesalahan 5% pada program *microsoft excel 2016*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan pakan alami dan pakan buatan berpengaruh secara signifikan terhadap perkembangan *S. exigua*. Variabel rerata stadium perkembangan menunjukkan bahwa perlakuan pakan alami daun bawang merah diketahui berbeda secara signifikan pada total perkembangan larva 13.87 hari dan total perkembangan dari telur menuju stadium imago 21.14 hari dibandingkan dengan perlakuan pakan buatan masing-masing 15.32 hari dan 23.86 hari. Pada instar I diketahui berbeda secara signifikan pada perlakuan pakan buatan 3.95 hari dibandingkan dengan perlakuan pakan alami 4.90 hari. Variabel rerata berat pupa menunjukkan bahwa perlakuan buatan diketahui berbeda secara signifikan 0.0614 gram dibandingkan perlakuan pakan alami 0.0483 gram. Variabel rerata stadium imago menunjukkan bahwa perlakuan pakan buatan diketahui berbeda secara signifikan pada pra-oviposisi 1.50 hari dibandingkan perlakuan pakan alami 2.83 hari. Berdasarkan hasil yang didapatkan, penggunaan tepung kedelai berhasil digunakan sebagai modifikasi bahan utama dalam pengembangan metode *rearing* bagi perkembangan *S. exigua*, dilihat dari mutu pada pakan buatan terhadap variabel berat pupa menghasilkan perbedaan secara signifikan antar kedua perlakuan pakan.

SUMMARY

Hilman Hasyim Firdaus. 155040201111094. Development of Rearing Method with Artificial Diet Made From Soybean Flour for The Development of *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). Supervised by Dr. Ir. Toto Himawan, SU.

Insect rearing is a method of insect mass production which is generally carried out in Laboratories by manipulating the development needs of insects designed by humans. Various aspects in supporting the rearing insect system which include detailing the provision of a micro environment such as temperature, humidity, light conditions, gas exchange, reproductive needs, protection from microbial contamination, and various other requirements that are fulfilled in nature that must be provided for insect mass production. In addition, the role in feeding is very important in the continuity of the development of insects that are maintained in the Laboratory. The limitation of natural feed which is only often available in certain seasons makes artificial diet an alternative in maintaining continuity of maintenance in the mass culture of insects. Soybeans can be used as an alternative choice as a major ingredient modification in the composition of artificial diets. Therefore, research on the maintenance of *S. exigua* using artificial diet made from soybean flour needs to be done, knowing that soybeans, one of the local products that are easily obtained in Indonesia, are expected to be able to obtain *S. exigua* test insects in bulk that are of quality and uniformity.

This research was conducted at Pest Laboratory, Department of Plant Pest and Disease, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang. The research was conducted from January to February 2019. Observations on the treatment of natural feed and artificial diet to be observed consisted of general and specific parameters. General variable include life cycle duration and fungal immunity of *S. exigua*, while for specific variable include morphology, behavior, pupae weight, sex ratio and imago abnormalities in the life cycle. The data obtained will be analyzed by t test with a 5% error rate in Microsoft Excel 2016 program.

The results showed that the differences in treatment of natural diet and artificial diet significantly affected the development of *S. exigua*. The mean growth stage variable showed that the treatment of natural onion leaves was known to differ significantly in total larval duration of 13.87 days and the total duration of eggs to immature stadium was 21.14 days compared to the treatment of artificial diet 15.32 days and 23.86 days respectively. However, in the first instar, it was found to be significantly different from the treatment of artificial diet 3.95 days compared to the treatment of natural diet of 4.90 days. The mean variable of pupae weight showed that artificial treatments were known to differ significantly from 0.0614 grams compared to 0.0483 grams of natural feed treatment. The mean variable of the imago stage showed that the treatment of artificial diet was known to differ significantly in the 1.50 day pre-oviposition compared to the treatment of natural diet of 2.83 days. Based on the results obtained, the use of soybean flour was successfully used as a modification of the main ingredient in the development of the rearing method for the development of *S. exigua*, judging from the quality of artificial diet on the pupa heavy variables producing significant differences between the two diet treatments.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang dengan rahmat dan hidayah-Nya telah menuntun penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Metode *Rearing* Dengan Pakan Buatan (*Artificial Diet*) Berbahan Dasar Tepung Kedelai Bagi Perkembangan *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae)”.

Pada Kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada Bapak Dr. Ir. Toto Himawan, SU., selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, nasihat, arahan dan bimbingannya kepada penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ketua Jurusan Ibu Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS., dan Bapak Prof. Dr.Ir. Mochtar Lutfi Rayes, M.Sc selaku dosen pembimbing akademik atas segala nasihat dan bimbingannya kepada penulis, beserta seluruh dosen atas bimbingan dan arahan yang selama ini diberikan serta kepada staff Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas dan bantuan yang diberikan.

Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada kedua orangtua, kakak dan adik atas doa, cinta, kasih sayang, pengertian dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Juga kepada rekan-rekan Agroekoteknologi khususnya angkatan 2015 serta kepada para sahabat dan teman dekat penulis atas bantuan, dukungan dan kebersamaan selama ini.

Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, dan memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, April 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Hilman Hasyim Firdaus, lahir di Jakarta pada tanggal 03 Agustus 1997 sebagai anak kedua dari pasangan Odang Kushendi dan Fitriany Fauziah. Penulis memiliki kakak perempuan bernama Faradita Ramadhaniar dan adik perempuan bernama Karisa Riski Dini.

Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Negeri Cikuya II pada tahun 2001-2003, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Balaraja pada tahun 2003-2009. Pada saat SMP, penulis menjabat sebagai anggota Karya Ilmiah Remaja (KIR). Penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Kab. Tangerang pada tahun 2012-2015. Selama menjadi siswa, penulis aktif dalam kegiatan Organisasi Intra Sekolah (OSIS) sebagai Koordinator Keorganisasian serta organisasi Majalah Siswa Nebal (MSN) sebagai Ketua Umum. Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswi Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Kota Malang melalui jalur undangan Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Hama Penyakit Tanaman (HPT), Minat Perlindungan Tanaman.

Selama menjadi mahasiswa pada masa perkuliahan, penulis pernah menjadi staff HRD dalam Organisasi *International Association of Students in Agricultural and Related Sciences* (IAAS) dan Volunteer sebagai pengajar dalam organisasi Brawijaya Mengajar. Dalam akademik, penulis pernah berkontribusi sebagai asisten praktikum di Fakultas Pertanian dalam beberapa mata kuliah yang diantaranya Dasar Perlindungan Tanaman (2016/2017), Bioteknologi Pertanian (2017/2018), Manajemen Hama dan Penyakit Terpadu (2018/2019), Teknologi Produksi Tanaman (2018/2019), Ilmu Hama Tanaman (2019/2020), Ilmu Penyakit Tanaman (2019/2020) dan Manajemen Agroekosistem (2019/2020). Penulis pernah melakukan kegiatan magang kerja di PT. DuPont Agricultural Products Indonesia Regional Malang dalam Divisi R&D (*Research and Development*).

DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Hipotesis Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Klasifikasi dan Morfologi <i>S. exigua</i>	3
2.2 Deskripsi Kedelai	4
2.3 Deskripsi Pakan Buatan (Artificial Diet)	6
2.4 Peranan Nutrisi Pakan Dalam Kehidupan Serangga	7
III. BAHAN DAN METODE.....	10
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Persiapan Penelitian.....	10
3.4 Pelaksanaan Penelitian Utama	13
3.5 Analisa Data	15
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Siklus Hidup <i>S. exigua</i> Pada Pakan Alami dan Buatan.....	17
4.2 Berat Pupa <i>S. exigua</i>	24
4.3 Atribut Biologi <i>S. exigua</i>	25
V. PENUTUP	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	33



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Imago <i>S. exigua</i> (Capinera, 1999)	3
2.	Perbedaan Instar Larva <i>S. exigua</i> (Steppuhn <i>et al.</i> , 2016)	4
3.	Perlakuan Pakan yang Digunakan.....	16
4.	Perbandingan dan Tahap Perkembangan Telur <i>S. exigua</i>	18
5.	<i>Eksuvia S. exigua</i> dari Instar 4 ke 5.....	19
6.	Perbedaan Morfologi Instar <i>S. exigua</i>	20
7.	Perilaku Pra-pupa <i>S. exigua</i>	21
8.	Perbedaan Organ Genitalia Pupa <i>S. exigua</i>	22
9.	Perbedaan Imago Betina dan Jantan <i>S. exigua</i>	23
10.	Perbedaan Besar Pupa <i>S. exigua</i> pada Perlakuan Pakan Alami dan Pakan Buatan	24
11.	Imago Abnormal <i>S. exigua</i> pada Perlakuan Pakan Buatan	26

Lampiran

Nomor	Teks	Halaman
1.	Pakan Buatan. (a) Pakan Buatan pada Wadah Cetakan, (b) Pakan Buatan pada Wadah Rearing	43
2.	Larva Instar 5 <i>S. exigua</i> pada Kedua Perlakuan Pakan. (a) Larva Instar 5 <i>S. exigua</i> pada Perlakuan Pakan Buatan, (b) Larva Instar 5 <i>S. exigua</i> pada Perlakuan Pakan Alami.....	43
3.	Keranjang Penyimpanan dan Sangkar Imago. (a) Keranjang Penyimpanan Wadah Rearing pada Kedua Perlakuan, (b) Sangkar Imago pada Kedua Perlakuan.	43
4.	Kumpulan Telur pada Kedua Perlakuan. (a) Kumpulan Telur Perlakuan Pakan Alami, (b) Kumpulan Telur Perlakuan Pakan Buatan.....	43
5.	Imago dan Larva <i>S. exigua</i> . (a) Imago <i>S. exigua</i> , (b) Larva Instar 2 <i>S. exigua</i> pada Perlakuan Pakan Buatan	44



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kandungan Gizi 100 g Biji Kedelai.....	5
2.	Kandungan Asam Amino Kedelai Kering Per 100 g.....	5
3.	Komposisi Formulasi Pakan Buatan yang Digunakan dalam Penelitian	12
4.	Kisaran Perkembangan Stadium <i>S. exigua</i> pada Perlakuan Pakan Alami dan Pakan Buatan	17
5.	Rerata Stadium Perkembangan \pm S.D dari <i>S. exigua</i> pada Perlakuan Pakan Alami (P) dan Pakan Buatan Sebagai Pembanding (P1).....	19
6.	Rerata Berat Pupa \pm S.D dari <i>S. exigua</i> pada Perlakuan Pakan Alami (P) dan Pakan Buatan Sebagai Pembanding (P1)	25
7.	Rerata Abnormalitas Imago <i>S. exigua</i> pada Perlakuan Pakan Alami dan Pakan Buatan	25
8.	Rerata Stadium Imago \pm S.D dari <i>S. exigua</i> pada Perlakuan Pakan Alami (P) dan Pakan Buatan Sebagai Pembanding (P1)	26
9.	Rerata Reproduksi Imago \pm S.D dari <i>S. exigua</i> pada Perlakuan Pakan Alami (P) dan Pakan Buatan Sebagai Pembanding (P1).....	27

Lampiran

Nomor	Teks	Halaman
1.	Variabel Lama Perkembangan Pada Perlakuan Pakan Alami.....	34
2.	Variabel Lama Perkembangan Pada Perlakuan Pakan Buatan	34
3.	Variabel Reproduksi Imago Pada Perlakuan Pakan Buatan.....	35
4.	Variabel Reproduksi Imago Pada Perlakuan Pakan Alami	35
5.	Variabel Berat Pupa pada Perlakuan Pakan Alami dan Pakan Buatan.....	36
6.	Deskriptif Stasistika Variabel Inkubasi Telur, Larva Instar 1, Larva Instar 2, Larva Instar 3, Larva Instar 4, Larva Instar 5 dan Total Stadium Larva pada Perlakuan Pakan Alami	36



7.	Deskriptif Stasistika Variabel Pra-Pupa, Pupa, Total Stadium Perkembangan, Pra-Oviposisi, Oviposisi, Pasca Oviposisi dan Umur Imago pada Perlakuan Pakan Alami.....	37
8.	Deskriptif Stasistika Variabel Inkubasi Telur, Larva Instar 1, Larva Instar 2, Larva Instar 3, Larva Instar 4, Larva Instar 5 dan Total Stadium Larva pada Perlakuan Pakan Buatan	37
9.	Deskriptif Stasistika Variabel Pra-Pupa, Pupa, Total Stadium Perkembangan, Pra-Oviposisi, Oviposisi, Pasca Oviposisi dan Umur Imago pada Perlakuan Pakan Buatan	38
10.	Deskriptif Stasistika Variabel Berat Pupa, Jumlah Telur, Telur Tidak Menetas, Telur Menetas dan Fertilitas pada Perlakuan Pakan Alami.....	38
11.	Deskriptif Stasistika Variabel Berat Pupa, Jumlah Telur, Telur Tidak Menetas, Telur Menetas dan Fertilitas pada Perlakuan Pakan Buatan	39
12.	Hasil Analisis Uji T Variabel Berat Pupa dan Jumlah Telur pada Kedua Perlakuan Pakan	39
13.	Hasil Analisis Uji T Variabel Telur Tidak Menetas, Telur Menetas dan Fertilitas pada Kedua Perlakuan Pakan.....	40
14.	Hasil Analisis Uji T Variabel Inkubasi Telur, Larva Instar 1 dan Larva Instar 2 pada Kedua Perlakuan Pakan	40
15.	Hasil Analisis Uji T Variabel Larva Instar 3, Larva Instar 4 dan Larva Instar 5 pada Kedua Perlakuan Pakan	41
16.	Hasil Analisis Uji T Variabel Pra-Pupa, Pupa, dan Pra-Oviposisi pada Kedua Perlakuan Pakan.....	41
17.	Hasil Analisis Uji T Variabel Oviposisi, Pasca Oviposisi dan Umur Imago pada Kedua Perlakuan Pakan	42
18.	Hasil Analisis Uji T Variabel Total Stadium Larva dan Total Stadium Perkembangan pada Kedua Perlakuan Pakan	42

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemeliharaan serangga merupakan suatu metode perbanyakan serangga yang umumnya dilakukan di Laboratorium dengan memanipulasi kebutuhan perkembangan serangga yang dirancang oleh manusia. Pemeliharaan serangga memiliki peran penting dalam masa depan entomologi. Serangga akan selalu dihargai karena sebagai sumber bahan yang bermanfaat dalam kehidupan manusia. Pemeliharaan serangga juga akan menjadi semakin penting untuk keseimbangan ekosistem di daerah alami dan lahan budidaya. Pemeliharaan serangga dapat ditingkatkan dengan mempelajari lebih banyak tentang sejarah alami serangga, ekologi, perilaku, dan morfologinya. Pengetahuan ini dapat digunakan untuk pengembangan pakan buatan dan manipulasi lingkungan yang memisahkan spesies dari faktor pembatas, biotik (patogen, parasitoid, dan predator) dan abiotik (suhu, kelembaban, dan cahaya) (Cohen, 2018).

Berbagai aspek dalam mendukung sistem pemeliharaan serangga yang diantaranya merinci pada penyediaan lingkungan mikro yang meliputi suhu, kelembaban, kondisi cahaya, pertukaran gas, kebutuhan reproduksi, perlindungan dari kontaminasi mikroba, dan berbagai persyaratan lain yang terpenuhi di alam yang harus disediakan untuk pemeliharaan serangga (Chapman, 2015). Selain itu, peranan dalam pemberian pakan sangat penting dalam keberlangsungan perkembangan serangga yang dipelihara di Laboratorium. Keterbatasan sumber pakan alami yang seringkali hanya tersedia pada musim-musim tertentu membuat pakan buatan (*artificial diet*) menjadi salah satu alternatif dalam mempertahankan kesinambungan pemeliharaan dalam biakan massal serangga (Susrama, 2017). Keunggulan penggunaan pakan buatan (*artificial diet*) adalah praktis dan dapat digunakan kapan saja, tahan lama serta proses pembuatan pakan buatan (*artificial diet*) tidak membutuhkan waktu yang lama dan dapat dimodifikasi sesuai dengan keinginan peneliti. Kelemahan pakan buatan (*artificial diet*) yakni relatif lebih mahal, sehingga perlu mencari bahan lain yang memiliki fungsi sama dan harga yang lebih ekonomis serta mudah diperoleh.

Kedelai dapat dijadikan alternatif pilihan sebagai modifikasi bahan utama pada komposisi pakan buatan (*artificial diet*). Kedelai diyakini mengandung nutrisi yang cukup lengkap untuk perkembangan serangga terutama dalam kebutuhan sumber protein, karbohidrat, lemak dan vitamin. Selain itu, banyak penelitian yang

merujuk pada penggunaan bahan kedelai sebagai komposisi dalam pembuatan pakan buatan (*artificial diet*) pada beberapa serangga. Salah satunya mengacu pada penelitian Elvira *et al.* (2010) yang menggunakan kedelai sebagai nutrisi utama pada pakan buatan sederhana dengan biaya rendah untuk pemeliharaan *S. exigua* dan pengaruhnya terhadap produksi *S. exigua* Nucleopolyhedrovirus.

Oleh karena itu, penelitian tentang pemeliharaan *S. exigua* dengan menggunakan pakan buatan (*artificial diet*) berbahan dasar tepung kedelai perlu dilakukan, mengetahui bahwa kedelai salah satu produk lokal yang mudah diperoleh di Indonesia serta harganya yang ekonomis diharapkan mampu dimanfaatkan sebagai pakan buatan (*artificial diet*) untuk memperoleh serangga uji *S. exigua* secara massal yang bermutu dari segi hasil dan keseragaman.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh dalam pengembangan metode *rearing* dengan pakan buatan (*artificial diet*) berbahan dasar tepung kedelai bagi perkembangan *S. exigua* (Lepidoptera: Noctuidae).

1.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah penggunaan tepung kedelai dapat mempengaruhi keberhasilan dan mutu dalam pengembangan metode *rearing* dengan pakan buatan (*artificial diet*) bagi perkembangan *S. exigua* (Lepidoptera: Noctuidae).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan dapat memberikan informasi kepada peneliti dan masyarakat umum mengenai penggunaan tepung kedelai sebagai pengembangan metode *rearing* dengan pakan buatan (*artificial diet*) bagi perkembangan *S. exigua* (Lepidoptera: Noctuidae).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi dan Morfologi *S. exigua*

Berdasarkan penelitian Borrer *et al.* (1992), ulat bawang (*Spodoptera exigua* Hubner) mempunyai sistematika taksonomi sebagai berikut : Filum Arthropoda, Kelas Insekta, Ordo Lepidoptera, Famili Noctuidae, Genus Spodoptera, dan Spesies *Spodoptera exigua*. Persebaran *S. exigua* cukup luas baik di daerah sub tropis maupun tropis, umumnya menyerang sepanjang tahun dan serangan tinggi terjadi di musim kemarau (Moekasan *et al.*, 2012). Di Asia serangga hama ini dapat ditemukan di India, China, Pakistan, Kamboja, Laos, Thailand, Taiwan, Birma, Korea, Vietnam serta Indonesia (Kranz *et al.*, 1997 dalam Desmawati, 1988).

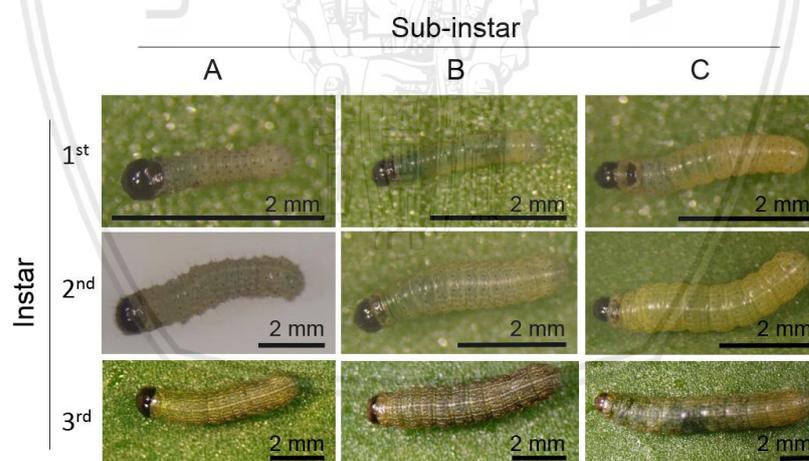
Di Indonesia *S. exigua* merupakan salah satu hama terpenting yang banyak menyerang tanaman palawija dan sayuran dengan tingkat kerusakan yang tinggi. Bahkan pada pertanaman bawang merah, kerugian dapat mencapai 100% (Negara, 2003). Berdasarkan penelitian Gengrade (1974), Tanaman inang *S. exigua* diantaranya adalah jagung, kentang, kapas, beet, tebu, kubis, bawang, tomat, cabai, terong, kacang-kacangan, selada, gandum, tembakau, selada dan sebagainya. Di Indonesia khususnya Pulau Jawa *S. exigua* merusak pada berbagai jenis bawang dan tanaman budidaya lain seperti jagung, cabai, kapri, dan berbagai jenis kacang (Kalshoven, 1981)



Gambar 1. Imago *S. exigua* (Capinera, 1999)

Pada stadium telur, imago betina *S. exigua* umumnya meletakkan telur pada hari kedua setelah imago keluar dari pupa dan menghasilkan telur hingga 1300 butir telur secara berkelompok dan setiap kelompoknya berisi 20-200 butir (Gangrade, 1974). Berdasarkan penelitian Subhan (1999), telur *S. exigua*

berwarna putih dengan bentuk bulat dengan ukuran sekitar 0.5 mm. Lamanya stadium telur pada perkembangan *S. exigua* umumnya sekitar 3-4 hari (Pathak., 1977 dalam Ratini, 1986). Menurut Azidah *et al.* (2006), larva *S. exigua* mempunyai 5 macam instar, instar pertama memiliki panjang badannya sekitar 1,2 – 1,5 mm dengan warna coklat mengkilat pada bagian kepala (Gambar 2). Instar kedua panjang badannya mencapai 3 mm dengan 2 buah garis kuning memanjang tepat di atas stigma yang berwarna hitam serta warna keseluruhan pada instar ini hijau hingga abu-abu. Instar ketiga panjang badannya 6 – 8 mm serta terjadi perbedaan warna berdasarkan daerah ketinggian dataran seperti sekitar 90% larva di dataran rendah cenderung berwarna hijau, sedangkan di daerah pegunungan 70% berwarna coklat. Instar keempat dan kelima cenderung hampir sama dan terkadang kedua instar ini dikategorikan satu sebagai instar keempat. Perbedaan yang jelas terletak pada panjang badan dimana instar keempat memiliki 12 – 14 mm dan instar kelima panjang badannya 16 – 19 mm. Lamanya stadium larva pada perkembangan *S. exigua* umumnya sekitar 10-14 hari (Gangrade, 1974). Sedangkan stadium pupa pada perkembangan *S. exigua* berkisar 9-10 hari (Kranz *et al.*, 1997 dalam Desmawati, 1988).



Gambar 2. Perbedaan Instar Larva *S. exigua* (Steppuhn *et al.*, 2016)

2.2 Deskripsi Kedelai

Kedelai (*Glycine max* L.) merupakan tanaman semusim yang diusahakan pada musim kemarau, karena tidak memerlukan air dalam jumlah besar. Kedelai menjadi sumber protein, dan lemak, serta sebagai sumber vitamin A, E, K, dan beberapa jenis vitamin B dan mineral K, Fe, Zn, dan P. Kadar protein berbagai jenis kacang umumnya berkisar antara 20-25%, sedangkan pada kedelai mencapai 40%. Kacang kedelai mengandung air 9%, protein 40 %, lemak 18 %, dan karbohidrat 13%.

serat 3.5 %, gula 7 % dan sekitar 18% zat lainnya (Tabel 1). Selain itu, kandungan vitamin E kedelai sebelum pengolahan cukup tinggi (Winarsi, 2010).

Tabel 1. Kandungan Gizi 100 g Biji Kedelai

Kandungan Gizi	Jumlah
Karbohidrat kompleks (g)	21.00
Karbohidrat sederhana (g)	9.00
Stakiosa (g)	3.30
Rafinosa (g)	1.60
Protein (g)	36.00
Lemak total (g)	19.00
Lemak jenuh (g)	2.88
Lemak tak jenuh tunggal	4.40
Lemak tak jenuh ganda	11.20
Kalsium (mg)	276.00
Fosfor (mg)	704.00
Kalium (mg)	1797.00
Magnesium (mg)	280.00
Seng (mg)	4.80
Zat besi (mg)	16.00
Serat tidak larut (g)	10.00
Serat larut (g)	7.00

Sumber: (Aparicio *et al.* 2008 dalam Winarsi, 2010)

Kedelai mengandung delapan asam amino penting yang merata tinggi, kecuali metionin dan fenilalanin, selain itu kedelai juga memiliki kandungan asam amino sulfur yang rendah. Metionin, sistein dan threonin merupakan asam amino sulfur dalam protein kedelai dengan jumlah terbatas (Winarsi, 2010) (Tabel 2).

Tabel 2. Kandungan Asam Amino Kedelai Kering Per 100 g

Asam Amino	Jumlah
Isoleusin (g)	5.16
Leusin (g)	8.17
Lisin (g)	6.84
Fenilalanin (g)	5.63
Metionin (g)	1.07
Treonin (g)	4.19
Triptopan (g)	1.27
Valin (g)	4.16
Arginin (g)	7.72
Histidin (g)	3.44
Alanin (g)	4.02
Glisin (g)	3.67
Prolin (gr)	5.29
Serin (g)	5.41
Asam Aspartat (g)	6.89
Asam Glutamat (g)	19.02
Tirosin (g)	4.16

Sumber : (Liu, 1999 dalam Winarsi, 2010)

2.3 Deskripsi Pakan Buatan (*Artificial Diet*)

Pakan buatan adalah suatu makanan buatan bagi serangga dimana proses pembuatannya memacu pada pendekatan kimia. Di dalam pembuatan pakan buatan (*artificial diet*) ini terdapat unsur bahan alami dan unsur bahan kimia. Unsur bahan kimia dapat dipenuhi melalui *yeast extract*, *ascorbic acid*, dan bahan kimia lainnya sedangkan unsur bahan alami dapat dipenuhi melalui bagian tanaman seperti biji, daun, dan buah (Wibisono, 1999).

Sejarah perkembangan pakan buatan diawali pada tahun 1976 yang diciptakan oleh Sander dan Knoke yang berhasil membiakkan hama kayu *Xyloborus ferrugineus* dalam pakan buatan (*artificial diet*). Komposisi bahan yang digunakan dalam membuat pakan buatan (*artificial diet*) terdiri dari *sucrose* (15 g), *yeast extract* (10 g), *casein* (10 g), *wheat* (15 g), *salt* (1,3 g), *agar* (40 g), *sawdust* (150 g), air destilasi 1 liter), *ascorbic acid* (2 g), dan *streptomycin* (0,7 g). *Ascorbic acid* menjadi sumber vitamin C yang dibutuhkan serangga dalam pertumbuhannya sedangkan *yeast extract* menjadi sumber protein untuk melengkapi kebutuhan nutrisi serangga. Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan Wibisono (1999), dibuat percobaan menggunakan unsur bahan kimia di atas sebagai komposisi bahan dasar dengan sedikit modifikasi dosis. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan *ascorbic acid* dapat meningkatkan berat tubuh serangga, sedangkan *yeast extract* memberikan pengaruh nyata pada diameter pertumbuhan larva. Pakan buatan juga digunakan dalam penelitian yang dilakukan oleh Elvira *et al.* (2010) yang menggunakan kedelai sebagai nutrisi utama pada pakan buatan sederhana dengan biaya rendah untuk pemeliharaan *S. exigua* dan pengaruhnya terhadap produksi *S. exigua* Nucleopolyhedrovirus. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan tepung kedelai sebagai modifikasi dari penggunaan mata gandum pada standart pakan mempengaruhi pertumbuhan larva yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan pada stadium larva kebutuhan protein lebih dibutuhkan dalam pertumbuhannya (Puspito, 2002). Protein berfungsi dalam produksi sel jaringan dan pembentukan enzim bagi serangga. Dalam pembuatan pakan buatan penggunaan agar dan selulosa mutlak diperlukan. Agar berfungsi sebagai pembentuk tekstur pakan untuk menyesuaikan dengan kebutuhan larva dan mampu mengikat komposisi bahan yang digunakan secara sempurna. Sedangkan sukrosa berfungsi sebagai zat sumber tenaga dan proses metabolisme serangga (Singh, 1977).

Nutrisi dan *diet* memiliki perbedaan pengertian antar keduanya. Nutrisi adalah studi yang mempelajari bahan-bahan makanan yang dibutuhkan oleh suatu organisme, sedangkan *diet* adalah studi yang mempelajari praktek penggunaan nutrisi. Rasio keberhasilan dalam pembuatan pakan buatan (*artificial diet*) dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu informasi akan kebutuhan nutrisi, unsur bahan kimia dan makanan alami, informasi mengenai perilaku makan dan habitat dari spesies yang diamati (Singh, 1977). Berdasarkan pernyataan Singh (1977), ada 4 prinsip yang harus diperhatikan dalam pembuatan pakan buatan yang baik yaitu :

1. Faktor Fisik: tekstur, kekerasan, kandungan air, dan ukuran pakan buatan.
2. Faktor Kimia: nutrisi dan kandungan bahan organik.
3. Keseimbangan Nutrisi: semua nutrisi pada pakan buatan harus mempunyai peran masing-masing dan memiliki keterkaitan hubungan antar nutrisi.
4. Kontaminasi Mikroba: adanya kontaminasi oleh mikroba dapat merusak unsur nutrisi pakan buatan dan akan menjadi parasite bagi serangga.

2.4 Peranan Nutrisi Pakan Dalam Kehidupan Serangga

Pakan untuk serangga umumnya harus mengandung komponen-komponen sebagai kebutuhan nutrisi dalam perkembangan serangga termasuk makronutrisi (karbohidrat, protein, lipid) dan mikronutrisi (vitamin dan mineral). Bahan-bahan lain yang biasanya ditambahkan ke pakan buatan adalah pengemulsi, stabilisator, agen pembentuk gel, pengubah pH, dan pengawet yang termasuk agen antimikroba dan antioksidan (Cohen, 2005).

Protein. Sebagian besar serangga menggunakan seluruh protein sebagai sumber utama nitrogen. Berdasarkan pernyataan Chapman (2013), protein dipecah menjadi komponen asam amino, yang diserap dan diedarkan ke sel-sel di mana komponen tersebut disintesis ulang menjadi protein yang membentuk tubuh serangga (otot, bagian membran sel, enzim, hormon tertentu, dll). Serangga membutuhkan delapan hingga sepuluh asam amino esensial meliputi metionin, treonin, triptofan, valin, isoleusin, leusin, fenilalanin, lisin, arginin, dan histidin. Serta asam amino non esensial lainnya yang meliputi serin, asparagin, asam aspartat, glutamin, asam glutamat, alanin, sistein, glisin, tirosin, dan prolin. Asam amino non esensial biasanya tidak terlalu dibutuhkan oleh serangga, karena serangga dapat mensintesis komponen tersebut menggunakan jalur metabolisme mereka sendiri (Cohen, 2005).

Lipid. Komponen lipid dalam nutrisi serangga sangat penting dalam perkembangannya. Asam lemak disajikan sebagai komponen dari senyawa polar berupa fosfolipid yang mudah dicerna dan diserap oleh serangga. Semua serangga membutuhkan sumber sterol pada nutrisi pakannya. Menurut Cohen, (2005), lipid berfungsi sebagai komponen pembangun membran sel (terutama sterol), hormon (misalnya, sterol diubah menjadi hormon ecdysteroid atau ecdison dan asam lemak diubah menjadi hormon juvenile), pengangkut nutrisi, sumber energi, dan sebagai bahan struktural untuk membangun molekul lain. Serangga tidak dapat mensintesis sterol untuk mendukung kebutuhannya, komponen tersebut harus didapatkan dari pakan, sehingga keberadaan sterol sangat mutlak sebagai nutrisi penting. Sterol dan lipid lain yang dikenal sebagai lipid kompleks, berfungsi sebagai komponen membran, memberikan karakteristik khusus membran sel, khususnya yang berkaitan dengan impor dan ekspor bahan ke dalam dan ke luar sel (Chapman, 2013). Berdasarkan pernyataan Lehninger *et al.* (1993) Lipid membantu memodifikasi protein yang merupakan komponen mekanisme reseptor yang memberikan fungsi spesifik sel yang mencirikan jaringan fungsi khusus.

Karbohidrat. Serangga membutuhkan sumber karbohidrat sebagai komponen pembangun dan energi. Beberapa karbohidrat seperti selulosa tidak dapat dicerna atau dimanfaatkan oleh sebagian besar serangga, tetapi komponen tersebut biasanya berguna sebagai pengisi dalam pakan yang membantu meningkatkan mobilitas usus. Menurut House (1974), beberapa serangga fitofag, biasanya gagal tumbuh dengan pakan yang rendah karbohidrat (kurang dari 50%). Karbohidrat dalam pakan serangga dan di dalam tubuh serangga juga merupakan komponen dalam glikoprotein. Perkembangan terbaru dalam biokimia protein menjelaskan fungsi yang sangat kompleks dan rumit dari bagian karbohidrat dari glikoprotein sebagai situs pengakuan untuk protein yang berfungsi sebagai saluran dan reseptor untuk pergerakan bahan masuk dan keluar sel.

Vitamin dan Mineral. Berdasarkan pernyataan Cohen (2005), kekurangan nutrisi berupa vitamin dan mineral pada serangga telah dikaitkan dengan gejala yang tidak diketahui seperti tingkat pertumbuhan yang buruk, penurunan kesuburan atau fertilitas, berkurang berat badan, atau kondisi lain yang tidak membantu menunjukkan ketidakmampuan tertentu. Mineral yang dibutuhkan serangga antara lain natrium, kalium, magnesium, klorida dan fosfat. Serangga juga membutuhkan sodium, potassium, phosphate dan chloride yang berguna

dalam keseimbangan ionik selular, sedangkan nutrisi yang dibutuhkan oleh serangga dalam jumlah sedikit ialah kalsium dan zat besi (Chapman, 2013). Vitamin mudah dibagi sesuai dengan kelarutannya baik dalam air atau lipid. Secara umum, vitamin yang larut dalam air memiliki waktu yang relatif singkat pada serangga karena mereka mudah dikeluarkan dan hilang dari kumpulan metabolisme serangga karena kelarutannya. Sebaliknya, vitamin yang larut dalam lemak atau lemak cenderung tetap berada dalam serangga karena mereka tetap tersedia di dalam penyimpanan lipid. Vitamin B berfungsi sebagai kofaktor dalam banyak jalur metabolisme, seperti dalam pemanfaatan energi (tiamin, riboflavin, niasin) atau sebagai faktor pertumbuhan (biotin dan asam folat). Menurut Gregory (1996), Vitamin E (α tocopherol) dikenal sebagai faktor kesuburan, namun juga merupakan antioksidan dan kemungkinan memiliki fungsi lain. Vitamin C sangat penting untuk banyak serangga fitofagus, berfungsi sebagai fagostimulan dan antioksidan. Vitamin C sangat rentan terhadap degradasi, terutama jika ada dalam larutan yang terpapar panas, cahaya, oksigen, atau radikal bebas. Sekelompok zat penting yang muncul adalah antioksidan lain, termasuk asam askorbat, beberapa fenolik, dan senyawa flavonoid. Komponen tersebut memiliki peran kunci dalam melindungi serangga dari mikroba, racun pada pakan, dan jenis ancaman lainnya (seperti serangan radikal bebas yang disebabkan oleh tekanan lingkungan). Asam askorbat paling umum hadir dalam bentuk asam L-askorbat, komponen yang paling melimpah dalam beberapa jenis buah-buahan segar dan jaringan tanaman hijau. Asam askorbat memiliki fungsi baik dalam pakan itu sendiri maupun sebagai faktor dalam jalur metabolisme serangga. Asam askorbat telah terbukti penting bagi banyak spesies serangga, terutama yang bersifat fitofagus. Menurut Ave (1995), asam askorbat dikenal berfungsi sebagai fagostimulan untuk serangga fitofagus.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hama, Jurusan Hama & Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dan dilaksanakan selama 3 bulan yaitu pada bulan Desember 2018 hingga Februari 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah neraca digital, pinset, kuas, *mixer*, karet, gelas ukur, *beaker glass*, sendok, saringan, cawan petri, batang pengaduk, lemari pendingin, pisau, kompor listrik, panci, wadah plastik, wadah *rearing*, keranjang plastik, toples plastik, kain syphon, kain kasa, tisu lembab, kapas, label, kamera, mikroskop stereo, gunting dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah tepung kedelai (200 g), ragi roti (30 g), asam askorbat (3.5 g), *methyl-p-hydroxybenzoate* (2 g), asam sorbat (1 g), *formaldehyde* 4% (2.5 ml), agar (14 g), air destilasi (600 ml), daun bawang merah (*Allium ascalonicum*), serangga uji *S. exigua*, kapas, larutan madu 10%, alkohol 70%, tisu, kapas, benang, plastik mika dan sabun cuci.

3.3 Persiapan Penelitian

Kegiatan awal sebelum dilakukan penelitian utama adalah tahap persiapan penelitian yang mencakup persiapan alat dan bahan, pemeliharaan serangga uji dan pembuatan pakan buatan (*artificial diet*).

3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan untuk penelitian utama diantaranya pinset, kuas, pisau, wadah *rearing*, wadah plastik, *beaker glass*, sendok, cawan petri, batang pengaduk, serta toples plastik dilakukan sterilisasi dengan dicuci menggunakan sabun pencuci, selanjutnya alat-alat ditiriskan dan disemprotkan menggunakan alkohol 70% sebelum alat digunakan dalam pelaksanaan penelitian serta disimpan di dalam wadah steril agar tetap terjaga dalam kondisi aseptik.

Bahan pembuatan pakan berupa kedelai didapatkan dari swalayan. Kedelai yang akan digunakan dipisahkan dari benda asing seperti batu, sekam dan serangga dengan tujuan untuk menghindarkan pakan dari adanya kontaminan. Kedelai utuh yang telah terpilih kemudian dicuci dan ditiriskan, setelah itu kedelai dihaluskan menggunakan *mixer*. Kedelai yang sudah

dihaluskan kemudian disaring menggunakan saringan hingga menghasilkan tepung kedelai halus dan disimpan dalam wadah. Bahan lainnya seperti ragi (fermipan), asam askorbat, *methyl-p-hydroxybenzoate*, potassium sorbat, *formaldehyde* 4%, agar, air destilasi, alkohol 70%, tisu, kapas, benang dan plastik mika disimpan pada wadah terpisah dengan tepung kedelai.

3.3.2 Pemeliharaan Serangga Uji

Serangga yang akan digunakan dalam penelitian ini diambil dari lahan budidaya bawang merah di Desa Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang. Serangga yang didapatkan berupa larva selanjutnya dipelihara di dalam toples plastik yang berukuran diameter 10 cm x 16 cm yang dialasi dengan tisu serta bagian atas ditutup dengan kain kasa. Serangga uji tersebut dibiakkan di laboratorium dengan pakan alami (daun bawang merah) yang dipotong menyesuaikan besaran wadah. Toples wadah larva tersebut dibersihkan 2-3 hari sekali beserta pakan alaminya diganti menggunakan daun yang segar. Larva yang didapatkan dipelihara hingga mencapai stadium pupa.

Kumpulan pupa yang terbentuk dimasukkan ke dalam wadah plastik yang sudah dilapisi plastik mika sebagai sangkar imago yang berukuran (25 cm x 30 cm) serta diberi penutup kain kasa. Imago yang muncul diberi pakan larutan madu 10% yang diserapkan pada kapas dengan sistem sumbu pada wadah plastik berdiameter 6,5 cm x 4,5 cm dan dimasukkan ke dalam sangkar imago. Setelah pasangan imago berkopulasi di dalam sangkar, maka imago betina akan meletakkan telurnya pada sekitar wadah plastik yang sudah dilapisi plastik mika.

Kumpulan telur yang menempel pada plastik mika kemudian diambil dan dipotong menyesuaikan kumpulan telur yang menempel pada plastik mika tersebut. Selanjutnya, kumpulan telur dipindahkan ke dalam wadah *rearing* yang sudah disterilisasi dan ditempelkan pada bagian sisi wadah tersebut. Wadah diisi dengan pakan yang berbeda berupa pakan alami daun bawang merah dan pakan buatan (*artificial diet*). Kemudian masing-masing wadah ditutup dengan kain syphon dan diberi label hari dan tanggal peletakkan telur. Telur dibiarkan sampai menetas dan makan sesuai perlakuan yang diberikan, selanjutnya larva akan dipindahkan secara individu setelah mencapai instar 3.

3.3.3 Pembuatan Pakan Buatan (*Artificial Diet*)

Pembuatan pakan buatan (*artificial diet*) pada penelitian ini menggunakan resep berdasarkan penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yang

mengacu pada resep dan formulasi Saljoqi *et al.* (2015) dan dimodifikasi pada bahan nutrisi utama menggunakan produk lokal yaitu tepung kedelai sebagai pengganti tepung kacang arab (*Cicer arietinum*).

Selain itu bahan antimikroba juga dimodifikasi dengan menggunakan potassium sorbat sebagai pengganti asam sorbat dan komposisi pelarut dengan air destilasi yang semula 500 ml dimodifikasi menjadi 600 ml. Pembuatan pakan buatan (*artificial diet*) pada penelitian ini diawali dengan menimbang masing-masing bahan dengan menggunakan neraca digital dan yang berbentuk cair ditakar menggunakan gelas ukur berdasarkan deskripsi bahan komposisi yang telah diuraikan pada (Tabel 3).

Tabel 3. Komposisi Formulasi *Artificial Diet* yang Digunakan dalam Penelitian

Kategori	P1
Nutrisi utama	Tepung Kedelai*) (200 g) Ragi Roti (30 g)
Vitamin	Asam Askorbat (3.5 g)
Antijamur	<i>methyl-p-hydroxybenzoate</i> (2 g)
Antimikroba	Potassium Sorbat*) (1 g) <i>Formaldehyde 4%</i> (2.5 ml)
Pemadat	Agar (14 g)
Pelarut	Air Destilasi (600 ml)

P1: Pakan Buatan. *)Modifikasi Bahan

Selanjutnya air destilasi (600 ml) dan agar (14 g) dimasukkan ke dalam panci sambil dipanaskan hingga larut menggunakan batang pengaduk. Saat campuran tersebut sudah mulai larut, bahan lain seperti tepung kedelai (200 g), ragi roti (30g), dan *formaldehyde 4%* (2.5 ml) dimasukkan ke dalam larutan agar dan diaduk kembali hingga tercampur rata. Setelah semua bahan tercampur rata, kemudian larutan bahan didiamkan hingga suhu dibawah 50°C. Setelah suhu sudah sesuai selanjutnya dimasukkan asam askorbat (3.5 g), *methyl-p-hydroxybenzoate* (2 g), dan potassium sorbat (1 g) dan diaduk kembali hingga tercampur rata.

Tujuan pemberian asam askorbat, asam sorbat dan *methyl-p-hydroxybenzoate* pada tahap akhir di dalam campuran bahan agar kandungan vitamin (asam askorbat) tidak rusak atau mengalami degradasi akibat penguapan yang berlebihan. Pakan yang telah jadi dituang ke dalam wadah plastik berukuran 12 cm x 6 cm x 6 cm dan didiamkan sampai memadat pada suhu ruang. Pakan yang sudah mulai dingin dan memadat disimpan di dalam lemari pendingin serta siap digunakan dalam pengujian serangga uji.

3.4 Pelaksanaan Penelitian Utama

3.4.1 Pengujian Serangga Uji

Pengujian serangga uji dilakukan setelah telur *S. exigua* menetas pada wadah terpisah dengan perlakuan pakan alami dan pakan buatan. Setelah menjadi larva instar 3 kumpulan larva tersebut dipindahkan ke dalam wadah *rearing* secara individu dengan diameter wadah 5 cm dan tinggi 5 cm. Setiap perlakuan pakan alami (P) dan pakan buatan (P1), dilakukan 3 kali pengulangan dengan setiap pengulangan terdiri dari 20 serangga uji sehingga total semua perlakuan terdapat 120 serangga uji pada wadah *rearing* masing-masing. Setiap pengulangan yang terdiri dari 20 wadah *rearing* dijadikan satu di atas keranjang plastik berukuran diameter 36 cm x 27 cm x 12 cm. Pakan alami yang digunakan berupa daun bawang merah yang telah dipotong diberikan dengan cara dimasukkan ke dalam wadah *rearing*, lalu larva yang diberikan pakan buatan (*artificial diet*) dipotong berbentuk dadu (2 x 2 cm). Pakan dimasukkan pada masing-masing wadah *rearing* serta diberi penutup kain syphon dan dikecangkan dengan penutup wadah *rearing* yang telah dilubangi bagian tutupnya lalu diberi label keterangan perlakuan dan pergantian instar. Wadah *rearing* dibersihkan dari kotoran menggunakan kuas yang telah disterilisasi alkohol 70% setiap 2 hingga 3 hari sekali beserta pakan alaminya diganti menggunakan daun yang segar.

3.4.2 Pengamatan Telur, Larva, Pupa dan Imago

Pengamatan pada setiap perlakuan jenis pakan dilakukan setiap hari di Laboratorium Hama Tumbuhan terhadap perkembangan larva yang ditandai dengan proses pergantian kulit dan kapsul kepala (*ekdisis*) dan meninggalkan *eksuvia* pada larva *S. exigua*. Saat larva mendekati instar 5 yang ditandai dengan mulai kurangnya pergerakan larva, maka saat itu larva akan mencari posisi tempat yang nyaman baginya untuk memasuki stadium pupa. Setelah memasuki stadium pupa, pada perlakuan pakan alami tidak memerlukan perhatian khusus sampai pada akhir masa pupa karena pupa tidak memerlukan pakan. Khusus untuk perlakuan pakan buatan (*artificial diet*) dibutuhkan perlakuan khusus berupa pelepasan pupa dari kokon yang terbentuk dari pakan buatan. Saat setelah mendekati stadium akhir pupa (2 hari sebelum menjadi imago), pupa ditimbang menggunakan neraca digital dan dipindahkan secara hati-hati dengan dipasangkan dengan 1 pupa jantan dan 1 pupa betina ke dalam wadah *rearing* imago berukuran diameter 6 cm dan tinggi 15,5 cm. Di dalam wadah diberi pakan

larutan madu 10% pada kapas dengan sistem gantung sebagai pakan imago. Selain itu, di dalam wadah juga dilapisi plastik mika sebagai peletakkan telur imago sehingga dapat mempermudah dalam pengambilan kumpulan telur yang menempel pada plastik mika. Selanjutnya wadah ditutup menggunakan kain syphon dan dikencangkan dengan tutup wadah yang telah dilubangi.

Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah lamanya siklus hidup dan fekunditas imago. Pada variabel tersebut terdapat pengamatan yang diamati pada setiap stadium perkembangan yaitu:

1. Inkubasi Telur

Pengamatan telur dilakukan pada serangga uji imago yang telah berkopulasi dan bertelur hasil dari perlakuan pakan yang berbeda. Pengamatan ditandai saat warna telur berubah menjadi kehitaman yang mengindikasikan bakal kepala larva. Banyaknya telur dihitung menggunakan mikroskop stereo. Pengamatan meliputi warna telur dan perubahan dalam perkembangan yang terjadi pada telur, lamanya hari yang diperlukan sehingga telur dapat berubah menjadi larva instar 1 dan persentasi keberhasilan telur menetas menjadi larva.

2. Instar Larva

Pengamatan larva meliputi morfologi mulai dari warna, ciri-ciri dan lama siklus hidupnya pada setiap instar 1, instar 2, instar 3, instar 4, dan instar 5 serta bagaimana terjadinya perubahan dalam pergantian instar.

3. Pra-pupa

Pengamatan meliputi perilaku larva instar 5 pada perlakuan pakan alami dan pakan buatan yang akan menuju pra-pupa, proses saat hendak menjadi pupa, bentuk dan warnanya.

4. Pupa

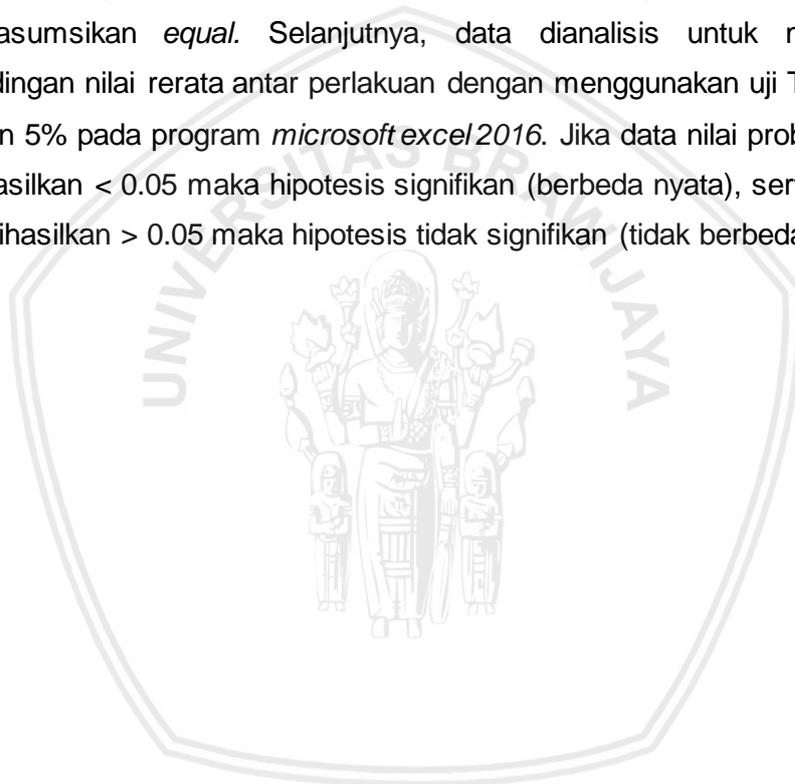
Pengamatan pupa dilakukan sejak pupa terbentuk hingga menjadi imago baru, meliputi perilaku dalam pembentukan kokon, bobot pupa, perubahan-perubahan yang terjadi pada pupa, lama stadium pupa, penentuan jenis kelamin, nisbah kelamin dan jumlah pupa yang berhasil menjadi imago serta normal atau tidaknya imago yang dihasilkan.

5. Imago

Pengamatan yang diamati pada stadium imago berupa pra-oviposisi, oviposisi, pasca oviposisi, lamanya umur imago, jumlah telur yang dapat dihasilkan imago betina (fekunditas), jumlah telur yang tidak menetas, dan fertilitas.

3.5 Analisa Data

Data hasil pengamatan yang diperoleh dari perlakuan pakan alami (P) dan pakan buatan (P1) diasumsikan variasi *equal* maupun *unequal* pada setiap variabel berdasarkan data hasil F hitung dan F tabel. Jika data F hitung $>$ F tabel maka variasi yang diasumsikan *unequal*, serta data F hitung $<$ F tabel maka variasi yang diasumsikan *equal*. Selanjutnya, data dianalisis untuk menentukan perbandingan nilai rerata antar perlakuan dengan menggunakan uji T pada taraf kesalahan 5% pada program *microsoft excel 2016*. Jika data nilai probabilitas (P) yang dihasilkan $<$ 0.05 maka hipotesis signifikan (berbeda nyata), serta data nilai P yang dihasilkan $>$ 0.05 maka hipotesis tidak signifikan (tidak berbeda nyata).



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pakan buatan hasil modifikasi yang telah dibuat memiliki warna krem kekuningan karena dipengaruhi oleh warna asli dari kedelai serta tekstur pakan yang dihasilkan tidak lembek (padat). Pakan buatan yang telah memadat disimpan dalam wadah tertutup di dalam lemari pendingin dengan 15°C. Pakan alami yang digunakan sebagai pembanding berupa daun bawang merah yang ditanam dengan bebas perlakuan pestisida agar pakan yang diberikan dalam keadaan segar dan tidak mempengaruhi mortalitas *S. exigua* yang diujikan (Gambar 3).



Gambar 3. Perlakuan Pakan yang Digunakan. (a) Pakan Buatan dengan Bahan Utama Tepung Kedelai, (b) Daun Bawang Merah sebagai Pakan Alami.

Dalam komposisi pakan buatan terdapat penggunaan asam askorbat untuk memenuhi kebutuhan vitamin C. Vitamin C pada serangga tertentu memiliki peran sebagai fagostimulan yang dapat meningkatkan tingkat makan pada pakan yang dimakan (Jose *et al.*, 2014). Berdasarkan penelitian Wang *et al.* (2014), asam askorbat memiliki peran sebagai antioksidan pada serangga yang dapat meningkatkan keberlangsungan hidup terhadap larva dan pupa dengan konsentrasi yang direkomendasikan adalah 0,16%.

Untuk mempertahankan kualitas pakan buatan dalam jangka waktu penyimpanan yang lama maka dibutuhkan pemberian *methyl-p-hydroxybenzoate*, *formaldehyde 4%*, dan asam sorbat. Ketiga bahan tersebut memiliki peran sebagai antijamur dan antimikroba yang dapat meminimalisir penurunan kualitas pakan akibat serangan patogen jamur dan mikroba. Penggunaan asam sorbat dalam penelitian ini dimodifikasi dengan alasan harga senyawa yang mahal dan dapat meningkatkan biaya dalam suatu penelitian. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu modifikasi bahan pakan dengan potassium sorbat yang diharapkan memiliki peran fungsi yang sama terhadap pakan dan serangga uji.

Kedelai menjadi salah satu bahan penting dalam memenuhi kebutuhan nutrisi utama serta dikenal sebagai bahan pembuatan pakan buatan yang sering digunakan untuk perbanyakannya serangga. Sumber protein tambahan juga terdapat dalam penggunaan ragi roti pada penelitian ini. Kedelai mengandung berbagai macam kandungan vitamin, karbohidrat serta asam amino yang terkandung dalam protein yang dibutuhkan dalam perkembangan serangga. Kedelai yang digunakan berasal dari biji kedelai lokal yang dihaluskan menjadi tepung halus yang siap digunakan dalam pembuatan pakan buatan. Berdasarkan penelitian Susrama (2017), ragi roti merupakan sumber protein bagi larva serangga yang dapat berpengaruh terhadap ukuran sayap.

4.1 Siklus Hidup *S. exigua* Pada Pakan Alami dan Buatan

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan pakan alami dan pakan buatan menghasilkan data kisaran perkembangan stadium terhadap *S. exigua* (Tabel 4), sebagai berikut :

Tabel 4. Kisaran Perkembangan Stadium *S. exigua* pada Perlakuan Pakan Alami dan Pakan Buatan*)

Stadium	Kisaran Stadium (hari)	
	Pakan Alami (P)	Pakan Buatan (P1)
Telur	3	3
Larva		
Instar I	4-5	3-4
Instar II	1	1-2
Instar III	2-3	1-2
Instar IV	2-3	2-3
Instar V	3-4	3-5
Pra-pupa	1-2	1-2
Pupa	5-7	6-7
Imago	5-6	4-5

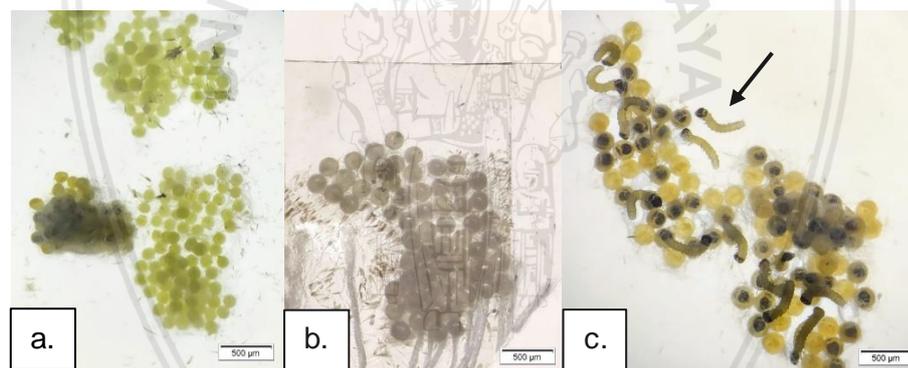
*Suhu ruangan 27°C dan kelembapan 80%

Telur

Hasil pengamatan menunjukkan pada perlakuan pakan alami dan pakan buatan sama-sama menetas pada 3 hari (Tabel 4). Karena tidak ada variasi dalam inkubasi telur (3 hari) antar perlakuan pakan yang berbeda, ini menunjukkan bahwa pemberian pakan yang berbeda tidak mempengaruhi penetasan telur normal. Berdasarkan penelitian Capinera (1999), telur *S. exigua* akan menetas pada 2-3 hari pada iklim hangat. Hal tersebut juga didukung dengan penelitian Azidah *et al.* (2006), bahwa *S. exigua* dengan beberapa perlakuan pemberian pakan berbeda berupa tanaman kubis, daun bawang, kacang panjang, okra dan

kubis menunjukkan telur yang dihasilkan sama-sama menetas pada 3 hari pada inkubasi telur.

Telur *S. exigua* diletakkan secara berkelompok dengan bentuk bulat berwarna hijau pucat bagi perlakuan pakan alami (Gambar 4a) dan berwarna putih pucat bagi perlakuan pakan buatan (Gambar 4b), permukaan telur mengkilat serta ditutupi dengan benang-benang halus pada permukaan kelompok telur. Pada menjelang waktu menetas, telur akan berubah menjadi kehitaman sebagai penanda kepala calon larva pada umur 2-3 hari setelah peletakkan telur. Setelah menetas, larva instar 1 langsung bergerak aktif mencari makanan dan meninggalkan cangkang telurnya (Gambar 4c). Berdasarkan pernyataan Chapman (2013), bahwa perbedaan dalam nutrisi pakan juga dapat menghasilkan perbedaan besar dalam warna, morfologi dan fitur lain dari fenotip serangga, perbedaan-perbedaan tersebut sepenuhnya disebabkan oleh perbedaan kualitas makanan yang dimakan oleh serangga, meskipun isyarat kimianya belum diketahui.

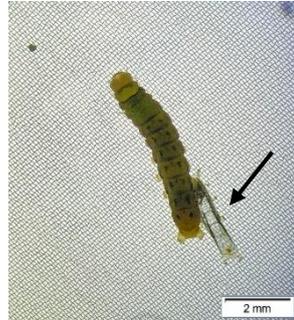


Gambar 4. Perbandingan dan Tahap Perkembangan Telur *S. exigua*. (a) Telur Hasil Perlakuan Pakan Alami, (b) Telur Hasil Perlakuan Pakan Buatan, (c) Telur Yang Menetas menjadi Instar 1.

Larva

Perkembangan larva *S. exigua* terdiri atas 5 instar dengan lama stadium yang berbeda-beda pada setiap individu terhadap beberapa perlakuan pakan yang diberikan. Perubahan setiap instar dapat terlihat dengan adanya proses pergantian kulit (*ekdisis*) dan terlepasnya kulit tubuh beserta kapsul kepala (*eksuvia*) (Gambar 5). Hasil pengamatan pada perlakuan pakan buatan menunjukkan bahwa larva instar 1 berlangsung antara 3-4 hari dengan rata-rata 3.95 hari, larva instar 2 berlangsung antara 1-2 hari dengan rata-rata 1.92 hari, larva instar 3 berlangsung antara 1-2 hari dengan rata-rata 1.98 hari, instar 4 berlangsung antara 2-3 hari

dengan rata-rata 3.07 hari, dan instar 5 berlangsung antara 4-5 hari dengan rata-rata 4.4 hari (Tabel 4). Lama stadium larva antara 14-15 hari dengan rata-rata 15.32 hari (Tabel 5).



Gambar 5. Eksuvia *S. exigua* dari Instar 4 ke 5

Pada perlakuan pakan alami menunjukkan bahwa larva instar 1 berlangsung antara 4-5 hari dengan rata-rata 4.9 hari, larva instar 2 rata-rata berlangsung pada 1 hari, larva instar 3 berlangsung antara 2-3 hari dengan rata-rata 2.35 hari, larva instar 4 berlangsung antara 2-3 hari dengan rata-rata 2.25 hari, dan larva instar 5 berlangsung antara 3-4 hari dengan rata-rata 3.37 hari. Lama stadium larva antara 13-14 hari dengan rata-rata 13.87 hari (Tabel 5).

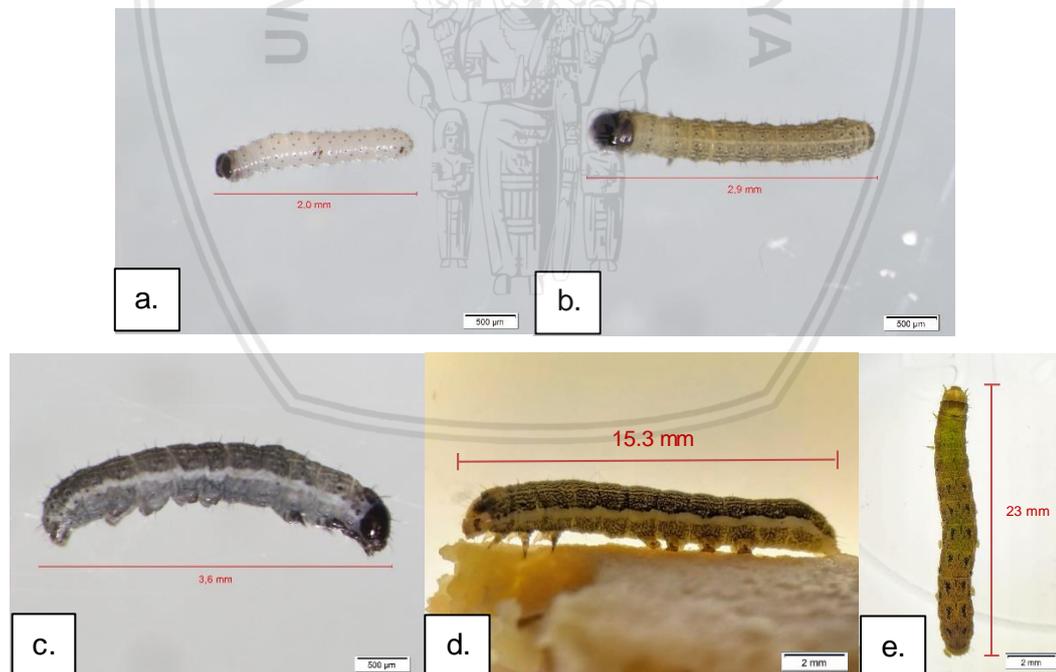
Tabel 5. Rerata Stadium Perkembangan \pm S.D dari *S. exigua* pada Perlakuan Pakan Alami (P) dan Pakan Buatan Sebagai Pembanding (P1)

Stadium Perkembangan	Perlakuan (Hari)		Nilai Probabilitas (p)
	Pakan Alami (P)	Pakan Buatan (P1)	
Inkubasi Telur	3.00 \pm 0	3.00 \pm 0	-
Larva Instar I	4.9 \pm 0.17b	3.95 \pm 0.09a	0.00*
Larva Instar II	1.00 \pm 0a	1.92 \pm 0.14b	0.00*
Larva Instar III	2.35 \pm 0.31a	1.98 \pm 0.10a	0.13
Larva Instar IV	2.25 \pm 0.13a	3.07 \pm 0.43b	0.03*
Larva Instar V	3.37 \pm 0.15a	4.40 \pm 0.45b	0.02*
Total Stadium Larva	13.87 \pm 0.23a	15.32 \pm 0.74b	0.03*
Pra Pupa	1.17 \pm 0.29a	1.62 \pm 0.08a	0.06
Pupa	6.11 \pm 0.31a	6.93 \pm 0.36b	0.04*
Total Stadium (Telur menuju stadium imago)	21.14 \pm 0.40a	23.86 \pm 1.00b	0.01*

Keterangan: * yaitu berbeda nyata $p < 0.05$, angka-angka pada baris yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata $p > 0.05$; SD: Standar Deviasi

Berdasarkan pengamatan uji T terhadap stadium perkembangan larva terutama instar I, II, IV dan V terhadap pakan alami yang dibandingkan pakan buatan (*artificial diet*) menunjukkan hasil berbeda nyata. Namun, pada larva instar

III perlakuan pakan alami terhadap pakan buatan (*artificial diet*) menunjukkan hasil tidak berbeda nyata. Secara keseluruhan pakan alami lebih unggul dibandingkan pakan buatan. Hal ini kemungkinan terjadi karena disebabkan kurangnya senyawa fagostimulan berupa sterol pada perlakuan pakan buatan (*artificial diet*) sehingga tidak dapat memacu perkembangan larva instar. Sedangkan pada perlakuan pakan alami cenderung lebih cepat dikarenakan pakan yang diberikan cenderung sempurna dalam memenuhi kebutuhan pada stadium tiap instar larva (Tabel 5). Berdasarkan pernyataan Susrama (2017), pada serangga tertentu umumnya ada yang menolak makan pada pakan buatan (*artificial diet*) karena kurangnya kandungan fagostimulan yang biasa ditemukan pada pakan alaminya, walaupun pakan buatan (*artificial diet*) yang diberikan mengandung nutrisi yang lengkap untuk pertumbuhan dan reproduksinya. Sehingga untuk menanggulangi hal tersebut, mengingat tidak mudahnya untuk mengetahui fagostimulan apa yang diperlukan oleh setiap jenis serangga yang akan di *rearing*, maka pada pakan buatan (*artificial diet*) perlu ditambahkan pakan alaminya (pakan buatan semi sintetis).



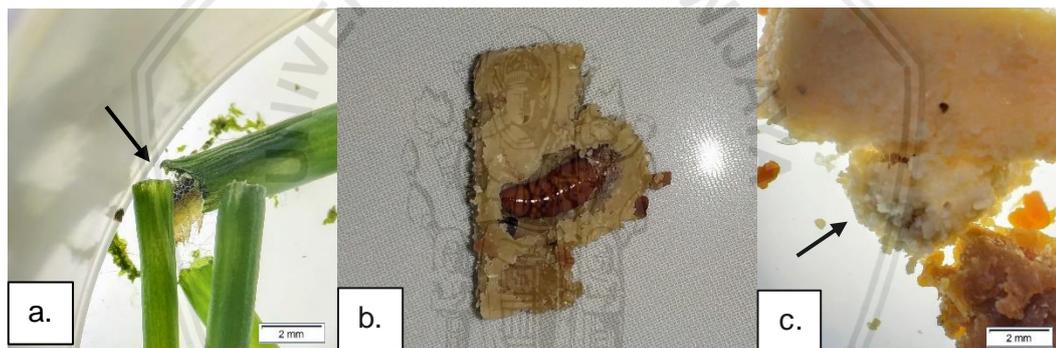
Gambar 6. Perbedaan Ciri Antar Instar *S. exigua*. (a) Larva Instar 1, (b) Larva Instar 2, (c) Larva Instar 3, (d) Larva Instar 4, (e) Larva Instar 5

Setiap stadium instar larva memiliki panjang tubuh yang berbeda-beda. Pada pengambilan sampel larva yang diamati pada instar 1 memiliki panjang berkisar 2 mm dengan warna tubuh kuning bening dengan caput (kepala)

berwarna hitam (Gambar 6a). Pada larva instar 2 berkisar 2,9 mm dengan ciri-ciri muncul 2 garis memanjang di bagian atas stigma (Gambar 6b). Pada larva instar 3 berkisar 7.4 mm dengan ciri-ciri mulai muncul garis pucat pada bagian samping abdomen larva (Gambar 6c). Pada larva instar 4 berkisar 15.3 mm dengan ciri-ciri munculnya garis gelap diatas garis pucat pada bagian samping abdomen larva (Gambar 6d). Pada larva instar 5 berkisar 23 mm dengan ciri-ciri munculnya variasi titik hitam pada setiap atas segmen abdomen (Gambar 6e).

Pupa

S. exigua mengalami masa pra-pupa selama 1-2 hari sebelum menjadi pupa. Selama stadium ini, panjang tubuh larva akan memendek, berwarna agak pucat dan selanjutnya berganti kulit menjadi pupa. Ciri pada pra-pupa diantaranya perubahan bentuk tubuh larva menjadi memendek, mengkerut dan agak melengkung.



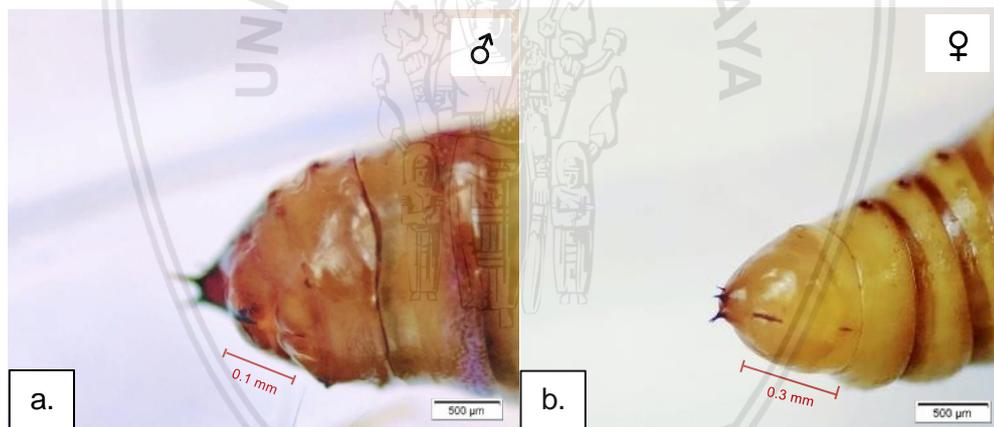
Gambar 7. Perilaku Pra-pupa *S. exigua*. (a) Perilaku Pra-pupa pada Pakan Alami, (b) Perilaku Pra-pupa pada Pakan Buatan Bagian Dalam, (c) Perilaku Pra-pupa pada Pakan Buatan Bagian Luar.

Pada perlakuan pakan alami di stadium pra-pupa beberapa larva mulai ada yang memproduksi benang-benang halus maupun tidak tergantung lingkungan sekitarnya (Gambar 7a). Benang-benang halus ini berperan sebagai pelindung sesudah pupa terbentuk. Sedangkan pada perlakuan pakan buatan di stadium pra-pupa, larva akan memanfaatkan pakan buatan (*artificial diet*) dengan menutupi sekitar tubuhnya hingga membentuk kokon (Gambar 7b dan Gambar 7c). Berdasarkan pernyataan Danks (2004), fungsi kokon pada pupa masih jarang diuji secara eksplisit, meskipun begitu kokon dianggap memiliki efek perlindungan.

Berdasarkan hasil pengamatan stadium pra-pupa pada perlakuan pakan alami terhadap pakan buatan (*artificial diet*) menunjukkan hasil tidak berbeda nyata. Sedangkan pada stadium pupa menunjukkan hasil berbeda nyata (Tabel

5). Sehingga lamanya stadium pupa pada perlakuan pakan buatan antara 6-7 hari dengan rata-rata 6.93 hari, sedangkan pada perlakuan pakan alami antara 5-7 hari dengan rata-rata 6.11 hari (Tabel 4 dan Tabel 5). Berdasarkan pernyataan Lestari *et al.* (2013), bahwa pertumbuhan dan masa perkembangan serangga akan lebih cepat bila mendapatkan pakan yang sesuai. Hal tersebut juga didukung oleh Idris & Emelia (2001), yang melaporkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dalam stadium pra-pupa antara tanaman inang (Okra, bawang, tomat dan cabai) dan menyimpulkan bahwa pakan tanaman inang yang diberikan selama tahap larva tidak berpengaruh pada stadium pra-pupa.

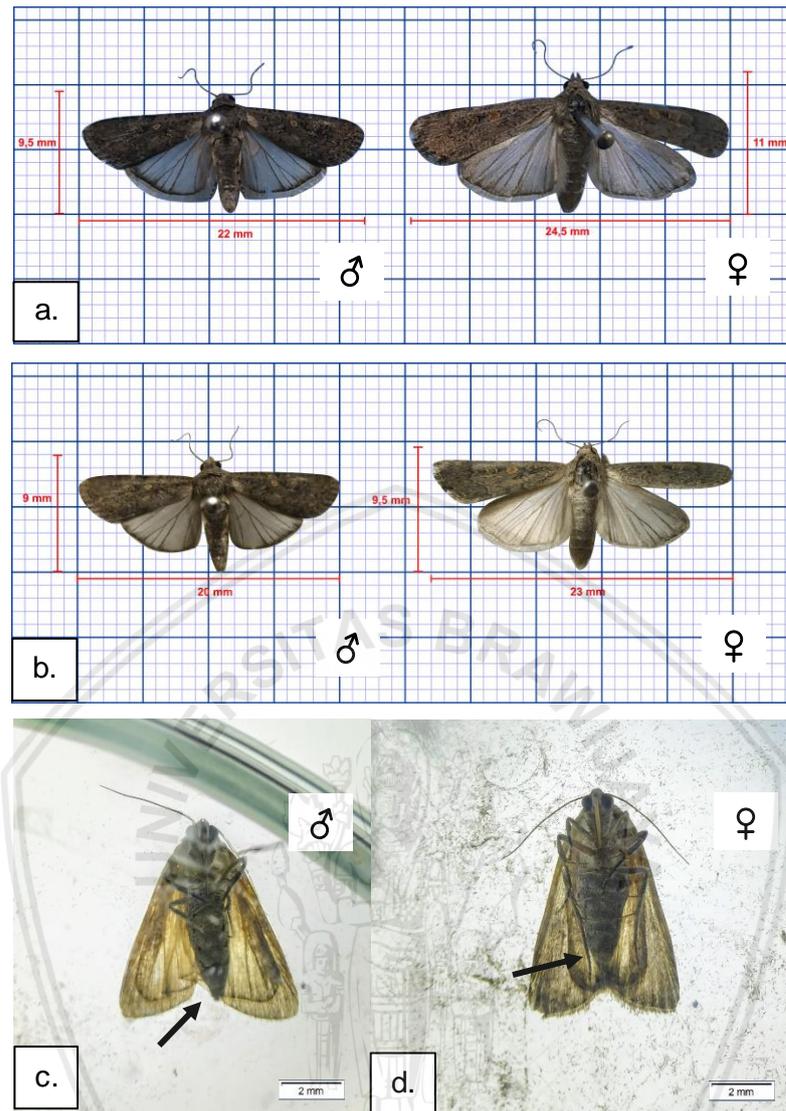
Perbedaan pupa jantan dengan pupa betina dapat dibedakan berdasarkan celah struktur genital pada segmen dan morfologinya. Pada pupa jantan terdapat celah berbentuk membulat pada celah *gono pore* dan cenderung lebih dekat dengan celah *anal pore*, sedangkan pada pupa betina terdapat celah berbentuk rata pada celah *gono pore* dan cenderung lebih menjauh dengan celah *anal pore* (Gambar 8a dan Gambar 8b).



Gambar 8. Perbedaan Organ Genitalia Pupa *S. exigua*. (a). Celah *Gono Pore* dan *Anal Pore* Pupa Jantan *S. exigua*, (b) Celah *Gono Pore* dan *Anal Pore* Pupa Betina *S. exigua*.

Imago

Imago *S. exigua* akan aktif beraktivitas pada malam hari dan tertarik terhadap cahaya. Imago dapat dibedakan berdasarkan warna sayap, bentuk abdomen dan ukuran tubuh. Imago betina cenderung memiliki ukuran yang lebih panjang dan besar ketimbang imago jantan. Perlakuan pakan buatan menunjukkan panjang rentangan sayap imago jantan dan betina masing-masing adalah 22 mm dan 24.5 mm, sedangkan panjang tubuh imago jantan dan betina masing-masing adalah 9.5 mm dan 11 mm (Gambar 9a).

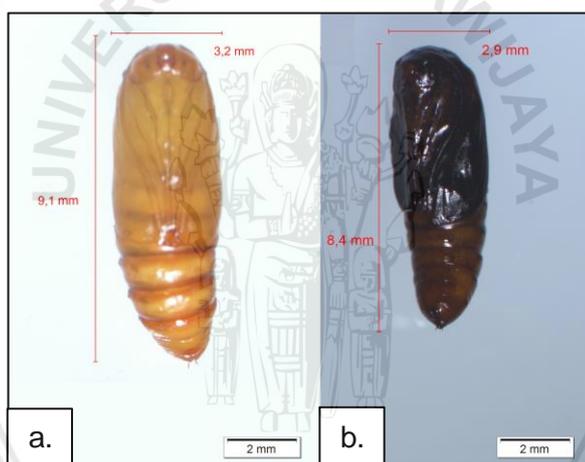


Gambar 9. Perbedaan Imago Betina dan Jantan *S. exigua* pada Kedua Perlakuan Pakan. (a) Ukuran Imago Jantan (Kiri) dan Betina (Kanan) Perlakuan Pakan Buatan, (b) Ukuran Imago Jantan (Kiri) dan Betina (Kanan) Perlakuan Pakan Alami, (c) Ujung Abdomen Imago Jantan pada Perlakuan Pakan Alami, (d) Ujung Abdomen Imago Betina pada Perlakuan Pakan Alami.

Imago jantan pada perlakuan pakan alami yaitu berukuran panjang rentangan sayap 20 mm dan panjang tubuh 9 mm, sedangkan imago betina berukuran panjang rentangan sayap 23 mm dan panjang tubuh 9.5 mm (Gambar 9b). Kontras warna sayap imago betina cenderung lebih terang dibandingkan dengan warna sayap imago jantan. Ujung abdomen imago betina cenderung tumpul dan tidak melebihi batas sayap, sedangkan imago jantan cenderung runcing dan melebihi batas sayap. (Gambar 9c dan Gambar 9d).

4.2 Berat Pupa *S. exigua*

Sebaran berat pupa *S. exigua* yang diambil terhadap beberapa sampel ulangan pada perlakuan pakan buatan secara visual terlihat lebih besar dibandingkan perlakuan pakan alami (Gambar 10). Hal tersebut disebabkan karena pada perlakuan pakan buatan terdapat nutrisi yang mencukupi kebutuhan perkembangan serangga. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasannya, Maldonado & De Polonia (2010) menyatakan bahwa suatu komposisi pakan buatan (*artificial diet*) untuk serangga dianggap baik apabila salah satu syaratnya memiliki berat larva dan pupa yang lebih tinggi. Hal ini didukung oleh Lestari *et al* (2013), yang menyatakan bahwa serangga yang membutuhkan pakan dengan kandungan protein yang tinggi akan memanfaatkan ketersediaan senyawa tersebut untuk pembentukan jaringan sehingga melampaui tahap demi tahap instar selama perkembangannya.



Gambar 10. Perbedaan Besar Pupa *S. exigua* pada Kedua Perlakuan Pakan. (a) Pupa Hasil Perlakuan Pakan Buatan, (b) Pupa Hasil Perlakuan Pakan Alami.

Berdasarkan pengamatan pada berat pupa yang dihasilkan pada perlakuan pakan alami terhadap pakan buatan (*artificial diet*) menunjukkan hasil berbeda nyata (Tabel 6). Pada perlakuan pakan buatan lebih unggul dengan rata-rata beratnya sebesar 0.0614 gram dibandingkan perlakuan pakan alami dengan rata-rata beratnya sebesar 0.0483 gram. Hal ini disebabkan jenis pakan dapat mempengaruhi stadium perkembangan serangga termasuk berat pupa. Pakan yang baik untuk perkembangan serangga akan memiliki nutrisi yang dibutuhkan serangga, terutama dalam stadium larva yang memerlukan protein sebagai komponen untuk metabolisme pergantian kulit. Berdasarkan pernyataan oleh

Heriza *et al.* (2013), bahwa berat pupa akan menentukan kualitas pupa yang terbentuk, semakin tinggi berat suatu pupa maka kualitas pupa yang terbentuk juga semakin baik. Dalam hal tersebut, modifikasi pakan buatan (*artificial diet*) dapat digunakan untuk pengembangan metode *rearing* terhadap *S.exigua*.

Tabel 6. Rerata Berat Pupa \pm S.D dari *S. exigua* pada Perlakuan Pakan Alami (P) dan Pakan Buatan Sebagai Pembanding (P1)

Perlakuan	Perlakuan (g)		Nilai Probabilitas (p)
	Pakan Alami (P)	Pakan Buatan (P1)	
Berat Pupa	0.0483 \pm 0.01b	0.0614 \pm 0.01a	0.0009*

Keterangan: * yaitu berbeda nyata $p < 0.05$, angka-angka pada baris yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata $p > 0.05$; SD: Standar Deviasi

4.3 Atribut Biologi *S. exigua*

Nisbah kelamin (*sex ratio*) pada setiap serangga memiliki perbandingan yang berbeda-beda. Indikator tersebut penting diamati agar serangga imago betina dan jantan dapat berkopulasi maupun untuk menghitung berapa jumlah telur yang dihasilkan pada sepasang imago jantan dan betina. Hasil pengamatan nisbah kelamin terhadap perlakuan pakan alami menunjukkan rasio jantan dan betina memiliki perbandingan 4:3, sedangkan pada perlakuan pakan buatan rasio jantan dan betina memiliki perbandingan 1:1.

Tabel 7. Rerata Abnormalitas Imago *S. exigua* pada Perlakuan Pakan Alami dan Pakan Buatan

Perlakuan		Jumlah	Abnormal	Abnormalitas (%)
Pakan Alami	Ulangan 1	20	1	5%
	Ulangan 2	20	0	0%
	Ulangan 3	20	2	10%
Jumlah		60	3	5%
Pakan Buatan	Ulangan 1	20	1	5%
	Ulangan 2	20	1	5%
	Ulangan 3	20	1	5%
Jumlah		60	3	5%

Berdasarkan hasil penelitian pada perlakuan pakan alami (P) dan pakan buatan (P1) terhadap abnormalitas imago menunjukkan hasil tidak berbeda nyata (Tabel 7). Pada perlakuan pakan alami maupun pakan buatan menunjukkan abnormalitas sebesar 5% dari total masing-masing ulangan. Hal tersebut disebabkan kurangnya komponen asam lemak dan sterol pada kedua perlakuan pakan, asam lemak sangat penting terutama bagi lepidoptera karena kekurangan

asam lemak akan menyebabkan kecacatan pada sayap sehingga tidak bisa terbang dan kekurangan sterol akan menurunkan oviposisi (Gambar 11). Hal tersebut didukung oleh Behmer & Ness (2003), bahwa serangga tidak mampu membentuk sterol dari metabolisme tubuhnya karena itu serangga harus mendapat sterol dari pakannya.



Gambar 11. Imago Abnormal *S. exigua* pada Perlakuan Pakan Buatan

Berdasarkan hasil penelitian pada perlakuan pakan alami (P) dan pakan buatan (P1) terhadap stadium imago pada variabel pra-oviposisi serta oviposisi menunjukkan hasil berbeda nyata. Sedangkan pada variabel oviposisi dan umur imago menunjukkan hasil tidak berbeda nyata. Perlakuan pakan buatan (*artificial diet*) menunjukkan lebih cepat 1.5 hari pada pra-oviposisi dan lebih lama 1.97 hari saat oviposisi, sehingga perlakuan pakan buatan (*artificial diet*) lebih unggul dibandingkan pakan alami (Tabel 8). Menurut Tisdale dan Sappington (2001) menyatakan bahwa baik imago jantan dan betina dapat berkopulasi sehari setelah kemunculannya, sehingga dapat optimal dalam hal lamanya fekunditas dan ada pra-oviposisi singkat sekitar 2 hari.

Tabel 8. Rerata Stadium Perkembangan Imago \pm S.D dari *S. exigua* pada Perlakuan Pakan Alami (P) dan Pakan Buatan Sebagai Pembanding (P1)

Stadium Perkembangan Imago (Hari)	Perlakuan		Nilai Probabilitas (p)
	Pakan Alami (P)	Pakan Buatan (P1)	
Pra-oviposisi	2.83 \pm 0.29b	1.5 \pm 0.17a	0.00*
Oviposisi	1.22 \pm 0.39a	1.97 \pm 0.56a	0.13
Pasca Oviposisi	1.47 \pm 0.21a	1.55 \pm 0.39a	0.77
Umur Imago	5.07 \pm 0.23a	5.42 \pm 0.88a	0.54

Keterangan: * yaitu berbeda nyata $p < 0.05$, angka-angka pada baris yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata $p > 0.05$; SD: Standar Deviasi

Berdasarkan hasil penelitian pada perlakuan pakan alami (P) dengan pakan buatan (P1) terhadap pengamatan reproduksi imago pada semua variabel menunjukkan hasil tidak berbeda nyata. Rerata telur yang dihasilkan pakan alami (P) sebanyak 280.67 yang berasal dari 9 pasang imago jantan dan betina dengan persentase fertilitas sebesar 77.43 %. Selanjutnya imago yang paling pada perlakuan pakan buatan sebagai pembanding (P1) menghasilkan rerata telur sebanyak 291.11 dari 9 pasang imago jantan dan betina dengan persentase fertilitas sebesar 69.96 % (Tabel 9).

Tabel 9. Rerata Reproduksi Imago \pm S.D dari *S. exigua* pada Perlakuan Pakan Alami (P) dan Pakan Buatan Sebagai Pembanding (P1)

Reproduksi Imago	Perlakuan		Nilai Probabilitas (p)
	Pakan Alami (P)	Pakan Buatan (P1)	
Jumlah Telur (Butir)	280.67 \pm 62.02a	291.11 \pm 116.21a	0.82
Telur Menetas (Butir)	217.33 \pm 62.81a	203.67 \pm 75.89a	0.68
Telur Tidak Menetas (Butir)	63.33 \pm 41.98a	87.44 \pm 64.32a	0.36
Fertilitas (%)	0.77 \pm 0.15a	0.70 \pm 0.13a	0.31

Keterangan: * yaitu berbeda nyata $p < 0.05$, angka-angka pada baris yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata $p > 0.05$; SD: Standar Deviasi

Suhu ruangan dapat mempengaruhi fekunditas, dimana imago betina dapat menghasilkan jumlah telur lebih tinggi pada suhu 27°C ke atas, sedangkan pada suhu dibawah 27°C imago betina akan menghasilkan jumlah telur lebih rendah, selain itu suhu rendah juga dapat menyebabkan menunda perkembangan telur dan penetasan larva (Dhillon, 2007). Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian bahwa telur yang dihasilkan pada pakan alami dan pakan buatan masing-masing rerata sebanyak 280.67 dan 291.11 butir telur pada suhu 27°C dengan kelembaban 80%. Umur imago juga dapat mempengaruhi jumlah telur yang dihasilkan. Lama hidup yang panjang akan mempengaruhi oviposisi sehingga dapat menghasilkan jumlah telur yang lebih banyak jika dibandingkan dengan imago yang lama hidupnya pendek (Nelly dan Buchori, 2008). Lama hidup dapat dipengaruhi oleh pakan saat imago, dimana larutan madu 10% adalah pakan yang paling baik bagi imago karena kandungan glukosa yang terdapat pada madu mampu memberi energi bagi imago sehingga dapat memperpanjang lama hidupnya. Berdasarkan penelitian Tisdale dan Sappington (2001), yang menyatakan bahwa pengaruh fekunditas secara signifikan berhubungan dengan berat pupa *S. exigua* yang dipelihara pada pakan buatan (*artificial diet*), tetapi

fekunditas juga dapat dipengaruhi oleh pakan imago. Imago pada kedua perlakuan diberi pakan yang sama yaitu larutan madu 10% dan data hasil rerata lama hidup imago pada pakan alami yaitu 5 hari yang menghasilkan 2526 butir telur per sembilan imago betina, sedangkan pada pakan buatan yaitu 5 hari yang menghasilkan 2620 butir telur per sembilan imago betina, dimana data hasil penelitian tidak menunjukkan perbedaan secara signifikan.



V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengembangan metode *rearing* dengan pakan buatan (*artificial diet*) berbahan dasar tepung kedelai bagi perkembangan *S. exigua* dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan tepung kedelai berhasil digunakan sebagai modifikasi bahan utama dalam pengembangan metode *rearing* bagi perkembangan *S. exigua*.
2. Variabel lama perkembangan stadium larva pada perlakuan pakan alami lebih cepat dibandingkan perlakuan pakan buatan.
3. Dari segi mutu terhadap variabel berat pupa pada perlakuan pakan buatan lebih baik dibandingkan perlakuan pakan alami.
4. Variabel abnormalitas dan variabel reproduksi imago dalam menghasilkan jumlah telur serta fertilitas pada kedua perlakuan pakan tidak menunjukkan perbedaan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini penggunaan tepung kedelai sebagai modifikasi pakan buatan berhasil digunakan untuk perkembangan *S. exigua* dan memiliki mutu lebih baik pada variabel berat pupa, sehingga saran yang diajukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Perlunya dilakukannya uji analisa proksimat untuk mengetahui isi kandungan senyawa yang terdapat dalam pakan buatan maupun pakan alami, sehingga dapat dikorelasikan dengan senyawa spesifik yang dibutuhkan oleh *S. exigua*.
2. Pada stadium pupa perlu dilakukannya uji coba perlakuan tanpa pengeluaran pupa yang berada didalam kokon pada pakan buatan untuk mengetahui keberhasilan pupa yang muncul menjadi imago.

DAFTAR PUSTAKA

- Ave, D. A. 1995. Stimulation of Feeding: Insect Control Agents. New York. pp 345-363
- Azidah, A. dan A. M. Sofian. 2006. Life History of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on Various Host Plants. Bulletin of Entomological Research. 96 (6): 613-618
- Behmer, S. T. dan W. D. Ness. 2003. Insect Sterol Nutrition and Physiology: A Global Overview. Adv. Insect Phys. 31: 1-72
- Jose, B. K., V. V. Sudheendrakumar, dan T. V. Sajejev. 2017. Micronutrients-Significance and Function in Growth and Survival of Insects—A Case Study. Entomology and Applied Science Letters. 1 (3): 1-4
- Borror, D.J., C. A. Triplehorn, dan N. F. Johnson. 1992. Pengenalan Pelajaran Serangga. Edisi Keenam. Diterjemahkan oleh: Partosoedjono, S. dan Brotowidjoyo, M.D. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Capinera, J. L. 1999. Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). Gainesville, FL: University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, EDIS.
- Chapman, R. F. 2013. The Insect: Structure and Function. Fifth Edition. Cambridge University Press. UK. p 97
- Cohen, A. C. 2018. Standards for Effective Insect Rearing Science and Technology Papers. Advances in Entomology. 6 (04): 256.
- Cohen, A. C. 2005. Insect Diets: Science and Technology. CRC press. pp 21-33
- Danks, H. V. 2004. The Roles of Insect Cocoons in Cold Conditions. European Journal of Entomology. 101: 433-437
- Desmawati. 1998. Pengaruh Pemberian Kedelai *Glycine max L. Merrill*, Bayam Duri *Amaranthus spinosus L.*, dan Gletak *Borreila batifolia Schein* Terhadap Biologi Ulat Grayak *Spodoptera litura* Fabricius. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang.
- Dhillon, M. K. dan H. C. Sharma. 2007. Effect of storage temperature and duration on viability of eggs of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). Bulletin of entomological research. 97 (1): 55-59
- Elvira, S., N. Gorria., D. Munoz., T. Williams, dan P. Caballero. 2010. A Simplified Low-Cost Diet for Rearing *Spodoptera Exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) and Its Effect on *S. Exigua* Nucleopolyhedrovirus Production. Journal of economic entomology. 103 (1): 17-24
- Gangrade, G. A. 1974. Insect of Soybean. Directorate of Research Service Technical 2. Jabalpur. p 47
- Gregory, J. F. 1996. Vitamins in Food Chemistry. 3rd edition. New York. pp 531-613.
- Heriza, S., T. Himawan, dan H. Tarno. 2013. Penggunaan Tongkol Jagung dan Pepaya Sebagai Bahan Dasar Pakan Buatan Bagi Perkembangan Larva Lalat Buah *Bactrocera carambolae* Drew dan Hancock (Diptera: Tephritidae). Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan. 1 (1): 80

- House, H. L. 1974. Nutrition, in *The Physiology of Insecta*. Vol. 5. M. Rockstein. Ed. Academic Press. New York. pp 1-62.
- Idris, A. B. dan O. Emelia. 2001. Development and Feeding Behaviour of *Spodoptera exigua* L. (Lepidoptera: Noctuidae) on Different Food Plants. *Journal of Biological Sciences*. 1 (12): 1161-1164.
- Kalshoven, L. G. E., 1981. *The Pest of Crops in Indonesia*. Revised and Tranlated By P.A. Van der laan. P.T. Ichtar Baru-Van Hoeve. Jakarta. p 701
- Lehninger, A. L., D. L. Nelson, dan M. M. Cox. 1993. *Principles of Biochemistry*. Worth. New York.
- Lestari, S., T. B. Ambarningrum, dan H. Pratiknyo. 2013. Tabel Hidup *Spodoptera litura* Fabr. dengan Pemberian Pakan Buatan yang Berbeda. *Jurnal Sain Veteriner*. 31 (2): 166-179
- Maldonado, H. A. dan I. Z. Polanía. 2010. Evaluation of Meredic Diets Suitable for Efficient Rearing of *Heliothis virescens* F. (Lepidoptera: Noctuidae). Revised by U.D. C.A. *Actualidad & Divulgacion Cientifica*. 13 (2): 163-173
- Moekasan, T. K. 2012. Penerapan Ambang Pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan pada Budidaya Bawang Merah dalam Upaya Mengurangi Penggunaan Pestisida. *Jurnal Hortikultura*. 22 (1): 47-56
- Negara, A. 2003. Penggunaan Analisis Probit Untuk Pendugaan Tingkat Kepekaan Populasi *Spodoptera exigua* Terhadap Deltametrin di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Informatika Pertanian*. 12: 1-9
- Nelly, N. dan D. Buchori. 2008. Pengaruh Pakan terhadap Lama Hidup dan Kebugaran Imago *Eriborus argenteopilosus* Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Jurnal Entomologi Indonesia*. 5 (1): 1-9
- Puspito, R. H. 2002. Pertumbuhan Larva Bektor (*Xystrocera festiva* Thomson) Pada Berbagai Komposisi Makanan Buatan (Artificial Diet). Skripsi Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ratini, E. P. L. 1986. Pengaruh Berbagai Jenis Tanaman Makanan Terhadap Biologi *Spodoptera exigua*. Skripsi Jurusan Hama Dan penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Saljoqi, A., U. H. Riaz., U. H. Ehsan., J. Khan, dan G. Ali. 2015. Rearing of *Spodoptera litura* (Fabricius) on Different Artificial Diets and Its Parasitization With *Trichogramma chilonis* (Ishii). *Pakistan Journal of Zoology*. 47: 169-175
- Singh, P. 1977. *Artificial Diets for Insects, Mites, and Spiders*. New York : Plenum Data Company pp 201-209
- Steppuhn, A. dan M. Bandoly. 2015. Bioassays to Investigate The Effects of Insect Oviposition on A Plants Resistance to Herbivores. *The Plant Journal*.
- Subhan. 1999. *Teknologi Produksi Bawang Putih di Balai Penelitian Tanaman Sayuran*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bandung.
- Susrama, I. G. K. 2017. Kebutuhan Nutrisi dan Substansi dalam Pakan Buatan Serangga (Artikel Ulasan). *E-jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 6 (3): 310-318
- Tisdale, R. A. dan T. W. Sappington. 2001. Realized and Potential Fecundity, Eggs Fertility, and Longevity of Laboratory-Reared Female Beet Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Under Different Adult Diet Regimes. *Ann. Entomol. Soc. Am*. 94: 415-441

- Wang, Y. C., S. K. Zhang., X. B. Ren, dan J. Su. 2014. Effects of Dietary Additives in Artificial Diets on Survival and Larval Development of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Cerambidae). Florida entomologist 97 (3): 1041-1048
- Wibisono, I. T. 1999. Pemberian Makanan Buatan (Artificial Diet) Untuk Bektor (*Xystrocera festiva* Pascoe). Skripsi Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Winarsi, H. 2010. Protein Kedelai dan Kecambah Manfaat Bagi Kesehatan. Kanisius. Yogyakarta. p 227





Tabel Lampiran 1. Variabel Lama Perkembangan Pada Perlakuan Pakan Alami

Stadium Perkembangan	Lama Perkembangan (Hari)			Rerata Total Ulangan
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
Inkubasi Telur	3	3	3	3
Larva Instar 1	4.7	5	5	4.9
Larva Instar 2	1	1	1	1
Larva Instar 3	2.45	2.6	2	2.35
Larva Instar 4	2.1	2.3	2.35	2.25
Larva Instar 5	3.4	3.2	3.5	3.37
Total Stadium Larva	13.65	14.1	13.85	13.87
Pre Pupal	1	1	1.5	1.17
Pupa	6.33	5.75	6.25	6.11
Total Stadium Perkembangan	20.98	20.85	21.6	21.14
Pra-Oviposisi	3	3	2.5	2.83
Oviposisi	1.67	1	1	1.22
Pasca Oviposisi	1.67	1.5	1.25	1.47
Umur Imago	5.33	5	4.88	5.07

Tabel Lampiran 2. Variabel Lama Perkembangan Pada Perlakuan Pakan Buatan

Stadium Perkembangan	Lama Perkembangan (Hari)			Rerata Total Ulangan
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
Inkubasi Telur	3	3	3	3
Larva Instar 1	3.85	4	4	3.95
Larva Instar 2	1.75	2	2	1.92
Larva Instar 3	1.9	1.95	2.1	1.98
Larva Instar 4	3.15	2.6	3.45	3.07
Larva Instar 5	4.85	3.95	4.4	4.40
Total Stadium Larva	15.5	14.5	15.95	15.32
Pre Pupal	1.6	1.7	1.55	1.62
Pupa	6.83	6.625	7.33	6.93
Total Stadium Perkembangan	23.93	22.83	24.83	23.86
Pra-Oviposisi	1.33	1.5	1.67	1.50
Oviposisi	2.33	2.25	1.33	1.97
Pasca Oviposisi	1.33	2	1.33	1.55
Umur Imago	5.5	6.25	4.5	5.42

Tabel Lampiran 3. Variabel Reproduksi Imago Pada Perlakuan Pakan Buatan

Ulangan	Jumlah Telur (Butir)	Telur Tidak Menetas (Butir)	Telur Menetas (Butir)	Fertilitas (%)
1	339	59	280	83%
2	267	24	243	91%
3	167	64	103	62%
4	336	131	205	61%
5	279	75	204	73%
6	322	61	261	81%
7	137	58	79	58%
8	536	242	294	55%
9	237	73	164	69%
Rerata	291.11	87.44	203.67	70.24%

Tabel Lampiran 4. Variabel Reproduksi Imago Pada Perlakuan Pakan Alami

Ulangan	Jumlah Telur (Butir)	Telur Tidak Menetas (Butir)	Telur Menetas (Butir)	Fertilitas (%)
1	218	31	187	86%
2	253	25	228	90%
3	243	68	175	72%
4	340	78	262	77%
5	311	5	306	98%
6	334	139	195	58%
7	183	88	95	52%
8	369	96	273	74%
9	275	40	235	85%
Rerata	280.67	63.33	217.33	77.01%

Tabel Lampiran 5. Variabel Berat Pupa pada Perlakuan Pakan Alami dan Pakan Buatan

Variabel	Pakan Alami		Pakan Buatan	
	Jantan	Betina	Jantan	Betina
Berat Pupa (g)	0.0603	0.0478	0.0348	0.0651
	0.049	0.051	0.0773	0.0781
	0.0495	0.0483	0.0633	0.0288
	0.0447	0.0533	0.0642	0.063
	0.0474	0.048	0.0512	0.049
	0.0454	0.0489	0.0885	0.0463
	0.0543	0.0563	0.0578	0.0657
	0.0533	0.0457	0.0785	0.0615
	0.0421	0.0376	0.0595	0.0606
	0.0329	0.0497	0.0706	0.0642
Rerata	0.0479	0.0487	0.0646	0.0582

Tabel Lampiran 6. Deskriptif Stasistika Variabel Inkubasi Telur, Larva Instar 1, Larva Instar 2, Larva Instar 3, Larva Instar 4, Larva Instar 5 dan Total Stadium Larva pada Perlakuan Pakan Alami

Pakan Alami (Hari)	Inkubasi Telur	Larva Instar 1	Larva Instar 2	Larva Instar 3	Larva Instar 4	Larva Instar 5	Total Stadium Larva
Rerata	3.00	4.90	1.00	2.35	2.25	3.37	13.87
Standar Kesalahan	0.00	0.10	0.00	0.18	0.08	0.09	0.13
Nilai Tengah	3.00	5.00	1.00	2.45	2.30	3.40	13.85
Standar Deviasi	0.00	0.17	0.00	0.31	0.13	0.15	0.23
Sampel Varians	0.00	0.03	0.00	0.10	0.02	0.02	0.05
Jarak	0.00	0.30	0.00	0.60	0.25	0.30	0.45
Minimum	3.00	4.70	1.00	2.00	2.10	3.20	13.65
Maximum	3.00	5.00	1.00	2.60	2.35	3.50	14.10
Jumlah	9.00	14.70	3.00	7.05	6.75	10.10	41.60
Hitungan	3	3	3	3	3	3	3

Tabel Lampiran 7. Deskriptif Stasistika Variabel Pra-Pupa, Pupa, Total Stadium Perkembangan, Pra-Oviposisi, Oviposisi, Pasca Oviposisi dan Umur Imago pada Perlakuan Pakan Alami

Pakan Alami (Hari)	Pre-Pupa	Pupa	Total Stadium Perkembangan	Pra-Oviposisi	Oviposisi	Pasca Oviposisi	Umur Imago
Rerata	1.17	6.11	21.14	2.83	1.22	1.47	5.07
Standar Kesalahan	0.17	0.18	0.23	0.17	0.22	0.12	0.13
Nilai Tengah	1.00	6.25	20.98	3.00	1.00	1.50	5.00
Standar Deviasi	0.29	0.31	0.40	0.29	0.39	0.21	0.23
Sampel Varians	0.08	0.10	0.16	0.08	0.15	0.04	0.05
Jarak	0.50	0.58	0.75	0.50	0.67	0.42	0.45
Minimum	1.00	5.75	20.85	2.50	1.00	1.25	4.88
Maximum	1.50	6.33	21.60	3.00	1.67	1.67	5.33
Jumlah	3.50	18.33	63.43	8.50	3.67	4.42	15.21
Hitungan	3	3	3	3	3	3	3

Tabel Lampiran 8. Deskriptif Stasistika Variabel Inkubasi Telur, Larva Instar 1, Larva Instar 2, Larva Instar 3, Larva Instar 4, Larva Instar 5 dan Total Stadium Larva pada Perlakuan Pakan Buatan

Pakan Buatan (Hari)	Inkubasi Telur	Larva Instar 1	Larva Instar 2	Larva Instar 3	Larva Instar 4	Larva Instar 5	Total Stadium Larva
Rerata	3.00	3.95	1.92	1.98	3.07	4.40	15.32
Standar Kesalahan	0.00	0.05	0.08	0.06	0.25	0.26	0.43
Nilai Tengah	3.00	4.00	2.00	1.95	3.15	4.40	15.50
Standar Deviasi	0.00	0.09	0.14	0.10	0.43	0.45	0.74
Sampel Varians	0.00	0.01	0.02	0.01	0.19	0.20	0.55
Jarak	0.00	0.15	0.25	0.20	0.85	0.90	1.45
Minimum	3.00	3.85	1.75	1.90	2.60	3.95	14.50
Maximum	3.00	4.00	2.00	2.10	3.45	4.85	15.95
Jumlah	9.00	11.85	5.75	5.95	9.20	13.20	45.95
Hitungan	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Tabel Lampiran 9. Deskriptif Stasistika Variabel Pra-Pupa, Pupa, Total Stadium Perkembangan, Pra-Oviposisi, Oviposisi, Pasca Oviposisi dan Umur Imago pada Perlakuan Pakan Buatan

Pakan Buatan (Hari)	Pra-Pupa	Pupa	Total Stadium Perkembangan	Pra-Oviposisi	Oviposisi	Pasca Oviposisi	Umur Imago
Rerata	1.62	6.93	23.86	1.50	1.97	1.55	5.42
Standar Kesalahan	0.04	0.21	0.58	0.10	0.32	0.22	0.51
Nilai Tengah	1.60	6.83	23.93	1.50	2.25	1.33	5.50
Standar Deviasi	0.08	0.36	1.00	0.17	0.56	0.39	0.88
Sampel Varians	0.01	0.13	1.01	0.03	0.31	0.15	0.77
Jarak	0.15	0.71	2.01	0.34	1.00	0.67	1.75
Minimum	1.55	6.63	22.83	1.33	1.33	1.33	4.50
Maximum	1.70	7.33	24.83	1.67	2.33	2.00	6.25
Jumlah	4.85	20.79	71.59	4.50	5.91	4.66	16.25
Hitungan	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Tabel Lampiran 10. Deskriptif Stasistika Variabel Berat Pupa, Jumlah Telur, Telur Tidak Menetas, Telur Menetas dan Fertilitas pada Perlakuan Pakan Alami

Pakan Alami	Berat Pupa (g)	Jumlah Telur (Butir)	Telur Tidak Menetas (Butir)	Telur Menetas (Butir)	Fertilitas (%)
Rerata	0.0483	280.67	63.33	217.33	0.77
Standar Kesalahan	0.0014	20.67	13.99	20.94	0.05
Nilai Tengah	0.0486	275.00	68.00	228.00	0.77
Standar Deviasi	0.0062	62.02	41.98	62.81	0.15
Sampel Varians	0.0000	3846.25	1762.50	3944.75	0.02
Jarak	0.0274	186.00	134.00	211.00	0.46
Minimum	0.0329	183.00	5.00	95.00	0.52
Maximum	0.0603	369.00	139.00	306.00	0.98
Jumlah	0.9655	2526.00	570.00	1956.00	6.93
Hitungan	20.00	9.00	9.00	9.00	9.00

Tabel Lampiran 11. Deskriptif Stasistika Variabel Berat Pupa, Jumlah Telur, Telur Tidak Menetas, Telur Menetas dan Fertilitas pada Perlakuan Pakan Buatan

Pakan Buatan	Berat Pupa (g)	Jumlah Telur (Butir)	Telur Tidak Menetas (Butir)	Telur Menetas (Butir)	Fertilitas (%)
Rerata	0.0614	291.11	87.44	203.67	0.70
Standar Kesalahan	0.0032	38.74	21.44	25.30	0.04
Nilai Tengah	0.0632	279.00	64.00	205.00	0.69
Standar Deviasi	0.0145	116.21	64.32	75.89	0.13
Sampel Varians	0.0002	13505.36	4137.28	5759.00	0.02
Jarak	0.0597	399.00	218.00	215.00	0.36
Minimum	0.0288	137.00	24.00	79.00	0.55
Maximum	0.0885	536.00	242.00	294.00	0.91
Jumlah	1.2280	2620.00	787.00	1833.00	6.32
Hitungan	20.00	9.00	9.00	9.00	9.00

Tabel Lampiran 12. Hasil Analisis Uji T Variabel Berat Pupa dan Jumlah Telur pada Kedua Perlakuan Pakan

	Berat Pupa (g)		Jumlah Telur (Butir)	
	Pakan Buatan	Pakan Alami	Pakan Buatan	Pakan Alami
Rerata	0.0614	0.0483	291.11	280.67
Varians	0.0002	0.0000	13505.36	3846.25
Pengamatan	20.000	20.000	9.00	9.00
Perbedaan Hipotesis Rerata	0.0000		0.00	
Derajat Kebebasan	26.000		12.00	
T hitung	3.7338		0.24	
Probabilitas (Satu Arah)	0.0005		0.41	
T Tabel (Satu Arah)	1.7056		1.78	
Probabilitas (Dua Arah)	0.0009		0.82	
T Tabel (Dua Arah)	2.0555		2.18	

Tabel Lampiran 13. Hasil Analisis Uji T Variabel Telur Tidak Menetas, Telur Menetas dan Fertilitas pada Kedua Perlakuan Pakan

	Telur Tidak Menetas (Butir)		Telur Menetas (Butir)		Fertilitas (%)	
	Pakan Buatan	Pakan Alami	Pakan Buatan	Pakan Alami	Pakan Buatan	Pakan Alami
Rerata	87.44	63.33	203.67	217.33	0.70	0.77
Varians	4137.28	1762.50	5759.00	3944.75	0.02	0.02
Pengamatan	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
Varians Gabungan	2949.89		4851.88		0.02	
Perbedaan Hipotesis	0.00		0.00		0.00	
Derajat Kebebasan	16.00		16.00		16.00	
T hitung	0.94		-0.42		-1.04	
Probabilitas (Satu Arah)	0.18		0.34		0.16	
T Tabel (Satu Arah)	1.75		1.75		1.75	
Probabilitas (Dua Arah)	0.36		0.68		0.31	
T Tabel (Dua Arah)	2.12		2.12		2.12	

Tabel Lampiran 14. Hasil Analisis Uji T Variabel Inkubasi Telur, Larva Instar 1 dan Larva Instar 2 pada Kedua Perlakuan Pakan

	Inkubasi Telur		Larva Instar 1		Larva Instar 2	
	Pakan Alami	Pakan Buatan	Pakan Alami	Pakan Buatan	Pakan Alami	Pakan Buatan
Rerata	3.00	3.00	4.90	3.95	1.00	1.92
Varians	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.02
Pengamatan	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Varians Gabungan	0.00		0.02		0.01	
Perbedaan Hipotesis	0.00		0.00		0.00	
Derajat Kebebasan	4.00		4.00		4.00	
T hitung	65535.0		8.50		-11.00	
Probabilitas (Satu Arah)	-		0.00		0.00	
T Tabel (Satu Arah)	2.13		2.13		2.13	
Probabilitas (Dua Arah)	-		0.00		0.00	
T Tabel (Dua Arah)	2.78		2.78		2.78	

Tabel Lampiran 15. Hasil Analisis Uji T Variabel Larva Instar 3, Larva Instar 4 dan Larva Instar 5 pada Kedua Perlakuan Pakan

	Larva Instar 3		Larva Instar 4		Larva Instar 5	
	Pakan Alami	Pakan Buatan	Pakan Alami	Pakan Buatan	Pakan Alami	Pakan Buatan
Rerata	2.35	1.98	2.25	3.07	3.37	4.40
Varians	0.10	0.01	0.02	0.19	0.02	0.20
Pengamatan	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Varians Gabungan	0.05		0.10		0.11	
Perbedaan Hipotesis Rerata	0.00		0.00		0.00	
Derajat Kebebasan	4.00		4.00		4.00	
T hitung	1.93		-3.14		-3.77	
Probabilitas (Satu Arah)	0.06		0.02		0.01	
T Tabel (Satu Arah)	2.13		2.13		2.13	
Probabilitas (Dua Arah)	0.13		0.03		0.02	
T Tabel (Dua Arah)	2.78		2.78		2.78	

Tabel Lampiran 16. Hasil Analisis Uji T Variabel Pra-Pupa, Pupa, dan Pra-Oviposisi pada Kedua Perlakuan Pakan

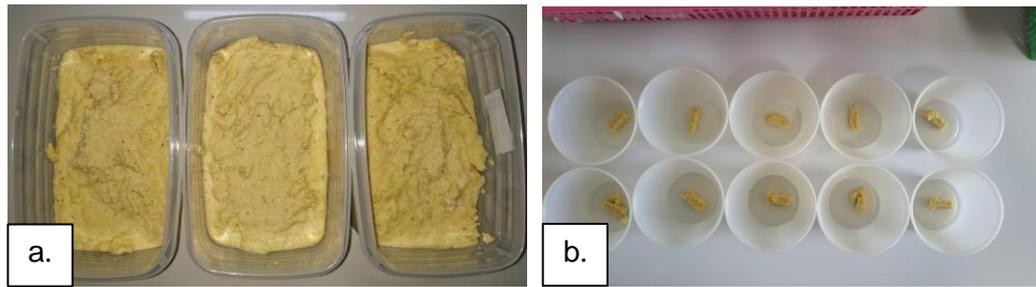
	Pra-pupa		Pupa		Pra-Oviposisi	
	Pakan Alami	Pakan Buatan	Pakan Alami	Pakan Buatan	Pakan Alami	Pakan Buatan
Rerata	1.17	1.62	6.11	6.93	2.83	1.50
Varians	0.08	0.01	0.10	0.13	0.08	0.03
Pengamatan	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Varians Gabungan	0.04		0.12		0.06	
Perbedaan Hipotesis Rerata	0.00		0.00		0.00	
Derajat Kebebasan	4.00		4.00		4.00	
T hitung	-2.61		-2.95		6.89	
Probabilitas (Satu Arah)	0.03		0.02		0.00	
T Tabel (Satu Arah)	2.13		2.13		2.13	
Probabilitas (Dua Arah)	0.06		0.04		0.00	
T Tabel (Dua Arah)	2.78		2.78		2.78	

Tabel Lampiran 17. Hasil Analisis Uji T Variabel Oviposisi, Pasca Oviposisi dan Umur Imago pada Kedua Perlakuan Pakan

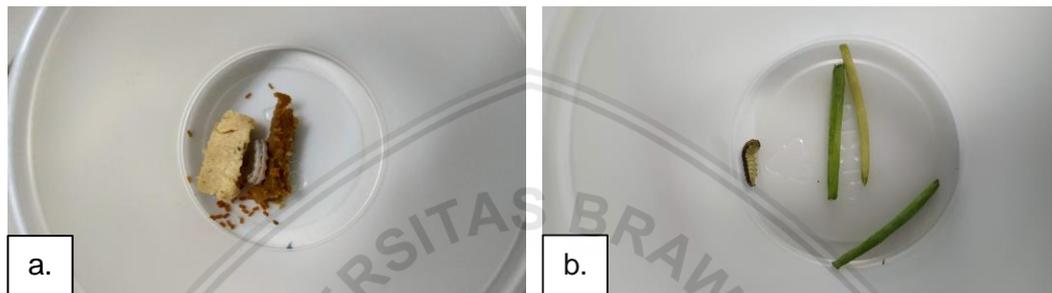
	Oviposisi		Pasca Oviposisi		Umur Imago	
	Pakan Alami	Pakan Buatan	Pakan Alami	Pakan Buatan	Pakan Alami	Pakan Buatan
Rerata	1.22	1.97	1.47	1.55	5.07	5.42
Varians	0.15	0.31	0.04	0.15	0.05	0.77
Pengamatan	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Varians Gabungan	0.23		0.10		0.41	
Perbedaan Hipotesis Rerata	0.00		0.00		0.00	
Derajat Kebebasan	4.00		4.00		4.00	
T hitung	-1.91		-0.31		-0.66	
Probabilitas (Satu Arah)	0.06		0.38		0.27	
T Tabel (Satu Arah)	2.13		2.13		2.13	
Probabilitas (Dua Arah)	0.13		0.77		0.54	
T Tabel (Dua Arah)	2.78		2.78		2.78	

Tabel Lampiran 18. Hasil Analisis Uji T Variabel Total Stadium Larva dan Total Stadium Perkembangan pada Kedua Perlakuan Pakan

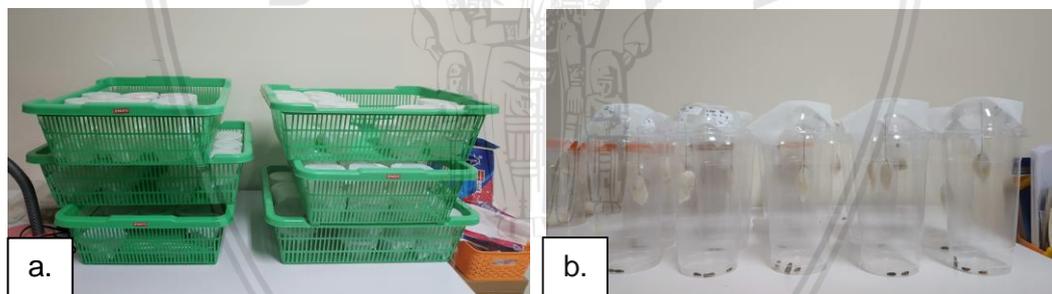
	Total Stadium Larva		Total Stadium Perkembangan	
	Pakan Alami	Pakan Buatan	Pakan Alami	Pakan Buatan
Rerata	13.87	15.32	21.14	23.86
Varians	0.05	0.55	0.16	1.00
Pengamatan	3.00	3.00	3.00	3.00
Varians Gabungan	0.30		0.58	
Perbedaan Hipotesis Rerata	0.00		0.00	
Derajat Kebebasan	4.00		4.00	
T hitung	-3.24		-4.37	
Probabilitas (Satu Arah)	0.02		0.01	
T Tabel (Satu Arah)	2.13		2.13	
Probabilitas (Dua Arah)	0.03		0.01	
T Tabel (Dua Arah)	2.78		2.78	



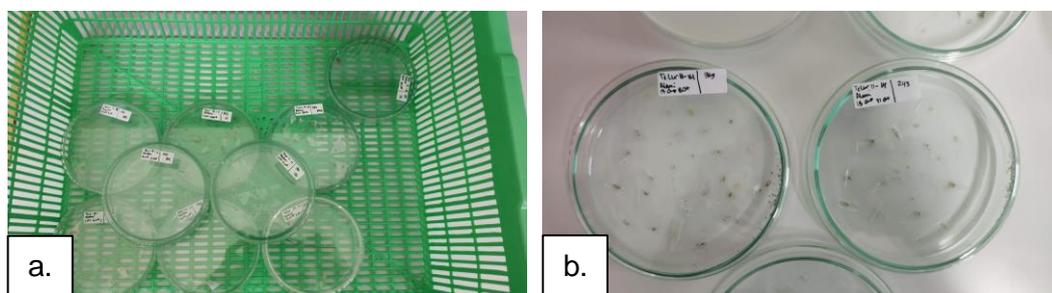
Gambar Lampiran 1. Pakan Buatan. (a) Pakan Buatan pada Wadah Cetakan, (b) Pakan Buatan pada Wadah *Rearing*.



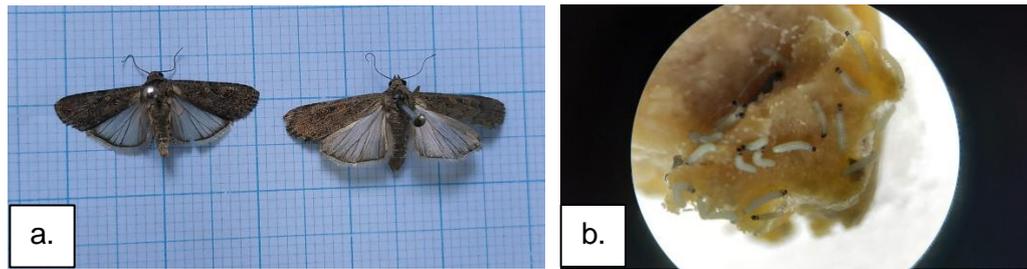
Gambar Lampiran 2. Larva Instar 5 *S. exigua* pada Kedua Perlakuan Pakan. (a) Larva Instar 5 *S. exigua* pada Perlakuan Pakan Buatan, (b) Larva Instar 5 *S. exigua* pada Perlakuan Pakan Alami.



Gambar Lampiran 3. Keranjang Penyimpanan dan Sangkar Imago. (a) Keranjang Penyimpanan Wadah *Rearing* pada Kedua Perlakuan, (b) Sangkar Imago pada Kedua Perlakuan.



Gambar Lampiran 4. Kumpulan Telur pada Kedua Perlakuan. (a) Kumpulan Telur Perlakuan Pakan Alami, (b) Kumpulan Telur Perlakuan Pakan Buatan.



Gambar Lampiran 5. Imago dan Larva *S. exigua*. (a) Imago *S. exigua*, (b) Larva Instar 2 *S. exigua* pada Perlakuan Pakan Buatan.

