



**PENGARUH SUHU TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN
ULAT GRAYAK *Spodoptera litura* F. (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)
PADA KUBIS (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)**

SKRIPSI

**Oleh
Niswati Zahro
NIM 100210103068**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**PENGARUH SUHU TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN
ULAT GRAYAK *Spodoptera litura* F. (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)
PADA KUBIS (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi

Oleh:
Niswati Zahro
NIM 100210103068

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**PENGARUH SUHU TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN
ULAT GRAYAK *Spodoptera litura* F. (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)
PADA KUBIS (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi

Oleh:
Niswati Zahro
NIM 100210103068

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih dan Penyayang, saya persembahkan skripsi ini dengan segala ketundukan cinta dan kasih kepada:

1. Ayahanda Sutrisno dan Ibunda Laila yang tiada pamrih memberi kasih sayang dan doa, tiada lelah mendukung setiap langkah, senantiasa memotivasi saat lelah dan lemah;
2. Adik-adikku tersayang Sulastin Akhodiah dan Muhammad Faruq Amrullah yang senantiasa memberiku motivasi dan kasih sayang yang tulus;
3. Keluarga besar yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah menemani setiap langkah dengan teriring semangat dan doa yang tulus;
4. Bapak dan ibu guru dari SD, SMPN, SMAN, sampai PTN yang telah memberikan bekal ilmu dan hikmah yang bermanfaat serta bimbingan dan motivasi dengan seikhlas hati;
5. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang kubanggakan

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”
(Terjemahan Q.S. Al Baqarah: 286)¹⁾

“Tak ada yang lebih agung di bawah derajat kenabian, selain belajar dan mengajarkan”
(Imam Sufyan Ats-Tsauri)²⁾

¹⁾ Dikutip dari: Departemen Agama Republik Indonesia. 2010. *Mushaf Aisyah, Al-Quran dan Terjemah untuk Wanita*. Bandung: Penerbit Jabal.

²⁾ Dikutip dari: Salim A. Fillah. 2014. *Lapis-lapis Keberkahan*. Yogyakarta: Pro-U Media.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Niswati Zahro

NIM : 100210103068

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Suhu terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Ulat Grayak *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) pada Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 19 Agustus 2015

Yang menyatakan,

Niswati Zahro

NIM. 100210103068

SKRIPSI

**PENGARUH SUHU TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN
ULAT GRAYAK *Spodoptera litura* F. (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)
PADA KUBIS (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)**

Oleh

Niswati Zahro

NIM 100210103068

Pembimbing

Dosen Pembimbing I : Drs. Wachju Subchan, M.S., Ph.D.

Dosen Pembimbing II : Dr. Jekti Prihatin, M.Si.

PERSETUJUAN

**PENGARUH SUHU TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN
ULAT GRAYAK *Spodoptera litura* F. (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)
PADA KUBIS (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi

Oleh

Nama Mahasiswa : Niswati Zahro
NIM : 100210103068
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Biologi
Angkatan Tahun : 2010
Daerah Asal : Palembang
Tempat, Tanggal Lahir : Purwodadi, 21 Mei 1993

Disetujui Oleh

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Drs. Wachju Subchan, M.S., Ph.D.
NIP. 19630813 199302 1 001

Dr. Jekti Prihatin, M.Si.
NIP. 19651009 199103 2 001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Suhu terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Ulat Grayak *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) pada Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)” telah diuji dan disahkan pada:

hari : Rabu
tanggal : 19 Agustus 2015
tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Wachju Subchan, M.S., Ph.D.
NIP. 19630813 199302 1 001

Dr. Jekti Prihatin, M.Si.
NIP. 19651009 199103 2 001

Anggota I,

Anggota II,

Prof. Dr. Suratno, M.Si
NIP.19670625 199203 1 003

Prof. Dr. Joko Waluyo, M.Si., Drs
NIP. 19571028 198503 1 001

Mengesahkan

Dekan FKIP Universitas Jember,

Prof. Dr. Sunardi, M. Pd.
NIP. 19540501 198303 1 005

RINGKASAN

Pengaruh Suhu terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Ulat Grayak *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) pada Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.); Niswati Zahro; 100210103068; 2015; 83 halaman; Program Studi Pendidikan Biologi; Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Suhu sebagai faktor penting pertumbuhan dan perkembangan serangga dapat mempercepat pertumbuhan dan perkembangan serangga yang akan berpengaruh pada peningkatan populasi serangga. Peningkatan populasi serangga hama berpengaruh buruk terhadap pertanian karena larva serangga sangat aktif memakan bagian tanaman. Hama ulat grayak *Spodoptera litura* (*S. litura*) merupakan hama penting yang dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 80%. Pengendalian *S. litura* dapat dilakukan melalui Program Pengendalian Hama Terpadu yang memerlukan pengetahuan mengenai waktu-waktu penting dalam siklus hidup serangga yang ditentukan dari *physiological time* serangga *S. litura*.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh suhu terhadap pertumbuhan dan perkembangan ulat grayak *S. litura* serta mengetahui *physiological time* dari larva *S. litura*.

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor tunggal berupa perbedaan suhu pemeliharaan larva. Sampel yang digunakan berupa larva *S. litura* instar II sebanyak 180 ekor yang dibagi dalam 6 kelompok, yaitu kontrol atau K (27,5°C) dan perlakuan P1 (28°C), P2 (30°C), P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C). Larva dipelihara dalam inkubator bersuhu konstan dengan deviasi $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Pertumbuhan diukur dari pertambahan panjang (mm) dan berat (mg), sedangkan lama perkembangan dihitung dari waktu (hari) yang dibutuhkan larva untuk berkembang dari instar II sampai instar V. Kecepatan perkembangan larva digunakan untuk menentukan *developmental threshold* larva *S. litura*. Analisis data statistik menggunakan ANOVA dan uji lanjut menggunakan Duncan dengan taraf signifikansi 5%.

Hasil Anova menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh sangat signifikan ($p=0,005$; $F=3,515$) terhadap panjang larva dan juga berpengaruh sangat signifikan ($p=0,007$; $F=3,295$) terhadap berat larva *S. litura*. Berdasarkan hasil uji Duncan, K ($27,5^{\circ}\text{C}$) berbeda secara signifikan dengan P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C), namun berbeda secara tidak signifikan dengan P1 (28°C) dan P2 (30°C) dalam mempengaruhi pertumbuhan larva *S. litura*. Larva dalam K ($27,5^{\circ}\text{C}$) memiliki rerata panjang (7,27 mm) dan berat (0,06 mg) terbesar, sedangkan larva dalam P5 memiliki rerata panjang (1,70 mm) dan berat (0,01 mg) terkecil. Mortalitas larva tertinggi (100%) terjadi pada K ($27,5^{\circ}\text{C}$), sedangkan mortalitas terendah (80%) pada P1 (28°C). Selanjutnya, hasil Anova menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh sangat signifikan ($p=0,000$; $F=163,859$) terhadap kecepatan perkembangan larva *S. litura*. Larva dalam P5 (36°C) memiliki waktu tersingkat (2,93 hari) untuk berkembang pada tiap fase instar dari instar II menjadi instar V. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa K ($27,5^{\circ}\text{C}$) berbeda secara signifikan dengan P1 (28°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C), namun berbeda secara tidak signifikan dengan P2 (30°C) dan P3 (32°C) dalam mempengaruhi perkembangan larva. Hasil uji Duncan antar perlakuan menunjukkan bahwa, P1 (28°C) dan P2 (30°C) berbeda secara signifikan dengan P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C) dalam mempengaruhi perkembangan larva. Waktu perkembangan *S. litura* yang terlama (40,47 hari) terjadi pada K ($27,5^{\circ}\text{C}$), sedangkan waktu perkembangan tersingkat (23,38 hari) terjadi pada P5 (36°C). Adapun *developmental threshold* larva *S. litura* sebesar $8,62^{\circ}\text{C}$ dengan *thermal constant* sebesar 71DD. *Physiological time* larva *S. litura* yang dihitung berdasarkan suhu harian wilayah Jember pada tanggal 22-25 Februari 2015 adalah sebesar 17,9 DD.

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa suhu berpengaruh sangat signifikan terhadap pertumbuhan dan perkembangan larva *S. litura*. Adapun nilai *developmental threshold* larva *S. litura* adalah sebesar $8,62^{\circ}\text{C}$ dengan *physiological time* larva *S. litura* yang telah diakumulasi untuk memulai fase instar II-nya adalah sebesar 17,9 DD dari 71 DD.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Suhu terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Ulat Grayak *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) pada Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada;

1. Prof. Dr. Sunardi, M. Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M. Kes., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Jember;
3. Prof. Dr. Suratno, M. Si., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember dan Dosen Penguji I yang telah memberikan saran-saran dalam penulisan skripsi ini;
4. Drs. Wachju Subchan, M. S., Ph. D., selaku Dosen Pembimbing I, dan Dr. Jekti Prihatin, M. Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian guna memberikan bimbingan, motivasi dan pengarahan demi terselesainya penulisan skripsi ini;
5. Prof. Dr. Joko Waluyo, M. Si., Drs., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran-saran dalam penulisan skripsi ini;
6. Bapak dan Ibu dosen FKIP Pendidikan Biologi yang telah memberikan bekal ilmu selama penulis menjadi mahasiswa Pendidikan Biologi;
7. Bapak Tamyis dan para teknisi laboratorium di Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember;

8. Bapak Sujak, S.P., dan seluruh anggota Kelompok Peneliti Entomologi dan Fitopatologi Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas) Malang yang telah megusahakan tersedianya objek penelitian yang diteliti dalam skripsi ini;
9. Seluruh staf Badan Penjamin Mutu (BPM) Universitas Jember yang telah membantu saat pelaksanaan penelitian;
10. Kak Yuhanis dan keluarga besar yang selalu memberi semangat, doa, dan dukungan baik moral maupun materi;
11. Sahabat-sahabatku, Rita Sulvianti, Dian Pertiwi, Rizki Setiawan, dan Akhmad Ferdiansyah, yang selalu memberi dukungan dan semangat;
12. Teman-temanku angkatan 2010 program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember, yang telah memberikan dukungan, motivasi, kenangan indah dalam suka dan duka, serta kebersamaan dan kekeluargaan selama menempuh pendidikan di Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember;
13. Bapak Hamam dan Ibu selaku orang tuaku di Pondok Mahasiswi Al-Husna yang telah memberikan banyak nasehat, ilmu dan hikmah;
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 19 Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PERSETUJUAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Biologi Ulat Grayak <i>Spodoptera litura</i> F.	7
2.2 Klasifikasi <i>Spodoptera litura</i> F.	7
2.3 Pertumbuhan dan Perkembangan Ulat Grayak <i>Spodoptera</i> <i>litura</i> F.	8
2.3.1 Siklus Hidup Ulat Grayak <i>Spodoptera litura</i> F.	10

2.3.2 Gejala Serangan dan Pengendalian Ulat Grayak <i>Spodoptera litura</i> F.	13
2.4 Pengaruh Suhu Lingkungan terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Serangga	16
2.5 <i>Physiological Time</i> Serangga	18
2.6 Klasifikasi Kubis Putih (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.).....	20
2.7 Hipotesis	22
BAB 3. METODE PENELITIAN	23
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2 Identifikasi Variabel Penelitian	23
3.3 Devinisi Operasional Variabel	23
3.4 Desain Penelitian	24
3.4.1 Rancangan Penelitian	24
3.4.2 Penentuan Sampel Penelitian	25
3.5 Alat dan Bahan Penelitian	25
3.5.1 Alat Penelitian	25
3.5.2 Bahan Penelitian	26
3.6 Prosedur Penelitian	26
3.6.1 Persiapan Penelitian	26
3.6.2 Gambar Desain Penelitian	27
3.6.3 Parameter Pengamatan	27
3.7 Teknik Analisis Data	28
3.7.1 Analisis Pengaruh Perlakuan	28
3.7.2 Penentuan Kecepatan Perkembangan	29
3.7.3 Estimasi <i>Lower Developmental Threshold</i> (T_0) dan <i>Thermal Constant</i> (K)	29
3.8 Alur Penelitian	30

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Penelitian	31
4.1.1 Pengaruh Suhu terhadap Pertumbuhan Ulat Grayak <i>Spodoptera litura</i> F.	31
4.1.2 Pengaruh Suhu terhadap Perkembangan Ulat Grayak <i>Spodoptera litura</i> F.	38
4.1.3 <i>Physiological Time</i> Ulat Grayak <i>Spodoptera litura</i> F.	40
4.2 Pembahasan	43
4.2.1 Pengaruh Suhu terhadap Pertumbuhan Ulat Grayak <i>Spodoptera litura</i> F.	46
4.2.2 Pengaruh Suhu terhadap Perkembangan Ulat Grayak <i>Spodoptera litura</i> F.	58
4.2.3 <i>Physiological Time</i> Ulat Grayak <i>Spodoptera litura</i> F.	64
BAB 5 PENUTUP	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	66
DAFTAR BACAAN	67
DAFTAR LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

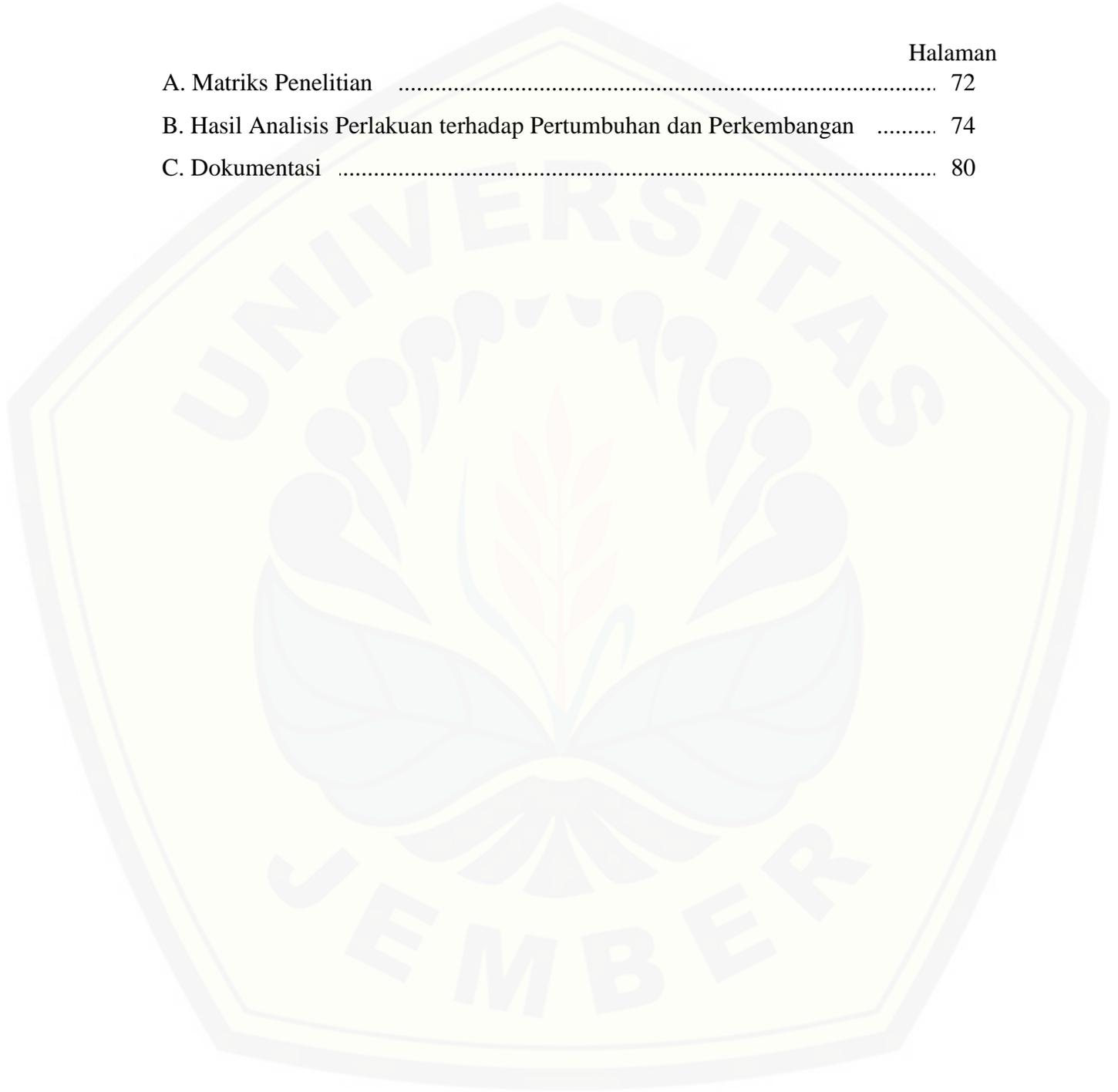
	Halaman
Tabel 3.1 Desain penelitian pengaruh suhu terhadap pertumbuhan dan perkembangan Ulat Grayak <i>S. litura</i>	24
Tabel 3.2 Tabel parameter pengamatan	28
Tabel 4.1 Rerata pertambahan panjang (mm) larva <i>S. litura</i> pada masing-masing perlakuan pada tiap fase instar dari instar II – V	33
Tabel 4.2 Rerata pertambahan panjang (mm) larva <i>S. litura</i> pada masing-masing perlakuan dari instar II sampai instar V	33
Tabel 4.3 Hasil uji ANOVA perlakuan suhu terhadap pertumbuhan panjang (mm) larva <i>S. litura</i>	34
Tabel 4.4 Rerata pertambahan berat (mg) larva <i>S. litura</i> dari instar II – V	35
Tabel 4.5 Hasil uji ANOVA perbedaan suhu terhadap pertumbuhan berat larva <i>S. litura</i> dari instar II – V	36
Tabel 4.6 Mortalitas larva <i>S. litura</i>	37
Tabel 4.7 Rerata lama perkembangan (hari) larva <i>S. litura</i> pada tiap instar dari instar II – V	38
Tabel 4.8 Hasil uji ANOVA perlakuan dengan <i>covariate</i> instar terhadap lama perkembangan larva <i>S. litura</i>	39
Tabel 4.9 Kecepatan perkembangan (1/hari) serangga pada tiap fase instar dari instar II ke instar V.	41
Tabel 4.10 Rerata lama perkembangan (hari) tiap fase <i>S. litura</i>	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Telur-telur <i>S. litura</i>	10
Gambar 2.2 Larva instar I atau II <i>S. litura</i>	11
Gambar 2.3 Larva instar III <i>S. litura</i>	12
Gambar 2.4 Larva instar V <i>S. litura</i>	12
Gambar 2.5 Pupa <i>S. litura</i>	13
Gambar 2.6 Imago betina <i>S. litura</i>	13
Gambar 2.7 Kerangka teoritis penelitian	22
Gambar 3.1 Inkubator sederhana (tampak depan)	27
Gambar 3.2 Botol pemeliharaan larva <i>S. litura</i>	27
Gambar 3.3 Diagram alur penelitian	30
Gambar 4.1 Grafik morfometri hubungan panjang-berat larva <i>S. litura</i> sebelum pemeliharaan dan persamaan regresinya	32
Gambar 4.3 Grafik hubungan kecepatan perkembangan (1/hari) larva <i>S. litura</i> (instar II-V) pada variasi suhu perlakuan	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Matriks Penelitian	72
B. Hasil Analisis Perlakuan terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan	74
C. Dokumentasi	80



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Iklim hampir mempengaruhi semua aspek ekosistem antara lain respon fisiologi dan perilaku makhluk hidup (Molles, 2013: 99). Iklim adalah rata-rata dan variasi dari unsur keadaan atmosfer atau cuaca seperti curah hujan, suhu (temperatur), tekanan, kelembapan, penguapan, angin, dan penyinaran matahari selama periode tertentu berkisar dalam hitungan bulan, tahun, dekade, abad bahkan jutaan tahun. Iklim secara global dapat berubah karena terjadinya pemanasan global. Pemanasan global adalah kenaikan rata-rata suhu udara di dekat permukaan bumi dan samudera dalam beberapa dekade terakhir. Pemanasan global telah menyebabkan peningkatan suhu global bumi sebesar $0,18^{\circ}\text{C}$ /dekade selama 25 tahun terakhir (BMKG, 2012: 87).

Peningkatan suhu bumi tersebut tidak dipungkiri telah mempengaruhi kehidupan setiap makhluk hidup di bumi. Makhluk hidup di bumi yang memiliki anggota terbanyak adalah hewan Invertebrata dari kelas *Insecta* atau serangga. Serangga merupakan hewan poikiloterm, sehingga perkembangannya sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungannya (Ju *et al.*, 2011:2). Menurut Balogh & Pfeiffer (1998), faktor lingkungan yang paling berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan serangga adalah suhu (temperatur) lingkungan.

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Ju *et al.* (2011) mengenai pengaruh suhu terhadap perkembangan dan pertumbuhan populasi serangga *Corythuca ciliata* (*C. ciliata*) (Hemiptera: Tingidae) menunjukkan bahwa, pada suhu rendah (19°C), lama waktu yang diperlukan untuk perkembangan serangga *C. ciliata* adalah 47,6 hari dengan produksi telur tiap serangga betina sebanyak 87 telur, sedangkan pada suhu yang lebih tinggi (30°C), waktu yang diperlukan untuk perkembangan *C. ciliata* menjadi 20 hari dengan produksi telur pada tiap serangga betina sebanyak 286 telur. Peningkatan jumlah telur pada serangga berpengaruh terhadap peningkatan populasi

(pertumbuhan populasi). Pertumbuhan populasi *C. ciliata* (Hemiptera: Tingidae) menunjukkan bahwa, pada perlakuan suhu 19°C, indeks pertumbuhan populasi (I) memiliki nilai yang rendah pula yaitu 24,9, sedangkan pada suhu 30°C, indeks pertumbuhan populasi (I) mengindikasikan bahwa populasi tumbuh 130,1 kali setelah satu generasi. Namun, pada perlakuan suhu yang paling tinggi yaitu 33°C, indeks pertumbuhan populasi (I) dari *C. ciliata* menurun menjadi 60,7 (Ju *et al.*, 2011:4-7).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Karatay dan Karaca (2013) terhadap *Chilocorus bipustulatus* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) yang diberi enam perlakuan suhu yang berbeda menunjukkan hasil yang relatif sama, yaitu meningkatnya suhu lingkungan hingga suhu optimum, berakibat pada waktu perkembangan serangga yang semakin cepat (Karatay dan Karaca, 2013:189-191). Adapun penelitian mengenai pengaruh suhu terhadap jumlah telur yang dihasilkan serangga dilakukan oleh Johnson (2010) terhadap *Paracoccus burnerae* (Hemiptera: Pseudococcidae). Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah peningkatan suhu lingkungan dengan kisaran 18°C sampai dengan 22°C, berakibat pada peningkatan jumlah telur yang dihasilkan oleh serangga. Semakin tinggi suhu lingkungan, maka semakin banyak jumlah telur yang dihasilkan (55 telur/betina sampai 70 telur/betina). Namun, pada suhu 25°C dan 27°C, telur yang dihasilkan oleh tiap serangga betina mengalami penurunan jumlah menjadi 45 telur/betina dan 35 telur/betina (Johnson, 2010: 24-28).

Hasil dari penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa, semakin tinggi suhu lingkungan hingga suhu optimum, maka waktu yang diperlukan serangga untuk menyelesaikan siklus hidupnya akan semakin pendek (lama waktu perkembangan semakin singkat). Waktu yang dibutuhkan suatu jenis hewan untuk menyelesaikan tahap perkembangannya mulai dari awal hingga akhir (siklus hidup) terkait dengan akumulasi suhu sepanjang waktu disebut dengan *physiological time* (Meyer, 2003). Semakin singkat waktu perkembangan, maka jumlah telur yang dihasilkan oleh serangga akan semakin banyak, sehingga akan mendorong pertumbuhan populasi (peningkatan populasi). Hal ini terjadi jika peningkatan suhu lingkungan terjadi pada

kisaran suhu toleransi serangga hingga suhu optimumnya. Jika kenaikan suhu lingkungan melebihi batas suhu optimumnya, maka perkembangan serangga akan mengalami penurunan. Hal ini juga berlaku pada penurunan suhu lingkungan. Perkembangan serangga akan mengalami penurunan pada suhu rendah hingga batas suhu toleransinya. Jika melebihi batas suhu terendah dari kisaran suhu toleransinya, maka perkembangan serangga akan terhenti dan akan dimulai kembali saat suhu lingkungan meningkat. Batas bawah dari titik suhu dimulainya pertumbuhan dan perkembangan serangga disebut *developmental threshold* (Balogh & Pfeiffer, 1998).

Pengetahuan mengenai *physiological time* dan *developmental threshold* memiliki nilai penting dalam program pengendalian hama. Strategi pengendalian hama yang efektif dapat disusun dan diterapkan dengan mempelajari pola pertumbuhan dan perkembangan atau *physiological time* dari serangga hama tersebut. Sebagai contoh, menurut Balogh & Pfeiffer (1998), pengetahuan mengenai fase telur atau larva sangat penting untuk memperkirakan waktu penyemprotan insektisida guna mengendalikan hama.

Salah satu jenis serangga yang menjadi hama penting pada sektor pertanian khususnya tanaman palawija adalah ulat grayak *Spodoptera litura* F. (*S. litura*). Serangan hama ulat grayak *S. litura* dapat mengakibatkan kehilangan hasil hingga 80% dan serangan berat dapat menimbulkan puso (gagal panen) (Marwoto & Suharsono, 2008). Pada tanaman kedelai, serangan ulat grayak *S. litura* dapat menimbulkan kerusakan sebesar 20-40%, sedangkan pada komoditi kubis serangan ulat grayak dapat menyebabkan penurunan produksi lebih kurang 70% (Nugroho, 2013). Komoditi kubis termasuk dalam kelompok komoditi sayuran yang perlu ditingkatkan di Indonesia. Hal ini disebabkan adanya kebutuhan sayuran yang terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk Indonesia. Selain itu, kubis tergolong sayuran yang kaya vitamin, seperti vitamin A 200 IU, B 20 IU, dan C 120 IU. Pada tahun 2011, produksi kubis di Indonesia mengalami penurunan karena adanya serangan hama, salah satunya adalah *S. litura* yang sulit dikendalikan (BPS dalam Kumarawati dkk., 2013: 252-253).

Ulat grayak *S. litura* cukup sulit dikendalikan karena memiliki sifat polifag, yaitu menyerang banyak jenis tanaman (Ramana *et al.*, 1988), dalam Shahout *et al.*, 2011:58). Adapun tanaman yang menjadi inang ulat grayak *S. litura* selain kubis adalah tembakau, padi, cabai, jagung, tomat, tebu, jeruk, bawang merah, terung, kentang dan kacang-kacangan (kedelai, kacang tanah. Kehilangan hasil atau penurunan produksi pertanian yang cukup besar dapat terjadi karena ulat grayak *S. litura* menyerang secara tiba-tiba dan serentak dalam areal yang luas. Pola serangan ulat grayak *S. litura* dipengaruhi oleh keadaan lingkungan yang mendukung selama masa perkembangannya (metamorfosis) (Soekarno, 1985: 67-68).

Perkembangan *S. litura* terjadi melalui proses metamorfosis secara sempurna, dimulai dari fase telur, larva, pupa dan imago berupa ngengat (Marwoto & Suharsono, 2008). Pada setiap tahap atau fasenya, terjadi proses-proses fisiologis (metabolisme) yang berbeda-beda. Setiap proses tersebut sangat bergantung pada keadaan lingkungannya. Ketika serangga akan berkembang dari fase satu ke fase selanjutnya, serangga membutuhkan kondisi lingkungan yang mendukung. Kondisi lingkungan yang paling berpengaruh atau paling penting dalam mendukung kehidupan adalah faktor-faktor lingkungan yang berada paling dekat dengan tubuh serangga tersebut. Faktor-faktor lingkungan yang ada disekitar serangga pada jarak beberapa kilometer, meter atau bahkan sentimeter tersebut dikenal sebagai iklim mikro serangga (Molles, 2013: 100). Menurut Qiqi *et al.* (2011), iklim mikro bagi *S. litura* adalah lingkungan dengan kisaran suhu antara 25-27°C dan kelembapan (RH) 60-75%.

Pengetahuan mengenai pertumbuhan dan perkembangannya *S. litura*, *physiological time* dan *developmental threshold* dari serangga *S. litura* diharapkan akan membantu dalam pengambilan kebijakan mengenai pengendalian hama tersebut secara efektif dan efisien, utamanya dalam sektor pertanian kubis di Indonesia. *Physiological time* atau *developmental threshold* dapat ditentukan dengan mengetahui

batas bawah suhu pertumbuhan dan perkembangan dari *S. litura* melalui pemberian perlakuan berupa perbedaan suhu lingkungan serangga *S. litura*.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Suhu terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Ulat Grayak *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) pada Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut.

- a. Adakah pengaruh perbedaan suhu terhadap pertumbuhan ulat grayak *S. litura*?
- b. Adakah pengaruh perbedaan suhu terhadap perkembangan ulat grayak *S. litura*?
- c. Berapa *Physiological time* dari ulat grayak *S. litura*?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah pada permasalahan yang diteliti, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut.

- a. Ulat grayak *S. litura* yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah *S. litura* pada fase larva instar II dengan ciri warna tubuh hijau pucat transparan.
- b. *Physiological time* yang diteliti didasarkan pada pertumbuhan dan perkembangan yang terlihat dari larva ulat grayak *S. litura* hingga menjadi instar V.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Menganalisis pengaruh suhu terhadap pertumbuhan larva *S. litura*.
- b. Menganalisis pengaruh suhu terhadap perkembangan larva *S. litura*.
- c. Mengetahui *Physiological time* atau *developmental threshold* dari larva *S. litura*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Hasil penelitian mengenai pengaruh suhu terhadap pertumbuhan dan perkembangan ulat grayak *S. litura* dan *physiological time* dari ulat grayak *S. litura* dapat dijadikan sebagai salah satu pendekatan pengaplikasian *degree-days* dalam penyusunan program pengendalian hama ulat grayak *S. litura* secara terpadu.
- b. Bagi peneliti lain, informasi dari hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai hama ulat grayak *S. litura*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Ulat Grayak *Spodoptera litura* F.

Serangga *Spodoptera litura* F. (*S. litura*) adalah salah satu serangga hama yang banyak merusak pertanian, utamanya jenis sayuran. Larva *S. litura* ini dikenal dengan sebutan ulat tentara atau ulat grayak karena memiliki sifat yang senang hidup secara bergerombol atau berkelompok (Soekarno, 1985:67). Hama ini bersifat kosmopolit dan polifag (memiliki lebih dari satu tanaman inang). Saat ini telah diketahui setidaknya ada lebih dari 120 jenis tanaman yang menjadi inang *S. litura* (Ramana *et al.*, 1988), dalam Shahout *et al.*, 2011: 58). Beberapa tanaman yang menjadi inang larva *S. litura* adalah tembakau, kedelai, kacang tanah, kentang, cabai, bawang merah, jarak dan kubis. *S. litura* pada fase larva-lah yang paling besar perannya dalam merusak tanaman yang dibudidayakan di lahan pertanian (Kalshoven, 1981:338-339).

Penyebaran hama *S. litura* meliputi wilayah yang luas, yaitu di Asia meliputi seluruh bagian Asia Tenggara, Afganistan, Cina, Hongkong, Taiwan, Australia, New Zealand, Micronesia, Samoa, New Caledonia dan Hawaii (Noma *et al.*, 2010). Di Indonesia penyebarannya meliputi pulau Sumatera, Jawa, Kalimantan dan Sulawesi (Deptan, 2010)

2.2 Klasifikasi *Spodoptera litura* F.

Berdasarkan penelitian terakhir oleh Ollerenshaw yang dimuat dalam *Integrated Taxonomic Information System* (ITIS) (2013), kedudukan *S. litura* dalam sistem taksonomi adalah sebagai berikut.

Kingdom : Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Insecta
Order : Lepidoptera

Superfamily : Noctuoidea
Family : Noctuidae
Genus : *Spodoptera*
Species : *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775)

2.3 Pertumbuhan dan Perkembangan Ulat Grayak *Spodoptera litura* F.

Setiap makhluk hidup mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Menurut Sadava *et al.* (2011:406-407), pertumbuhan diartikan sebagai proses bertambahnya ukuran tubuh dan organ-organnya karena bertambahnya jumlah sel (pembelahan) dan ukuran sel, sedangkan perkembangan menurut Hickman *et al.*, (2001:157) adalah proses perubahan individu menuju ke kedewasaan. Pertumbuhan dan perkembangan tubuh suatu individu tersebut saling berhubungan satu sama lain (Pedigo, 1991:149).

Pertumbuhan dan perkembangan pada serangga terjadi setelah telur matang dan terjadi ovulasi. Telur diletakkan di tempat dengan kondisi lingkungan yang mendukung untuk terjadinya pertumbuhan dan perkembangan serangga. Telur serangga ada yang diletakkan satu per satu atau berkelompok oleh induknya. Ketika perkembangan embrio di dalam telur telah selesai, maka telur akan menetas dan serangga muda akan keluar untuk memulai kehidupannya di alam bebas. Proses penetasan telur pada serangga ini disebut eklosi (*eclosion*) (Pedigo, 1991:147). Adapun perkembangan serangga, terjadi melalui proses metamorfosis atau perubahan bentuk. Ada beberapa model metamorfosis pada serangga. Serangga *S. litura* mengalami perkembangan melalui proses metamorfosis secara sempurna. Metamorfosis sempurna ini dimulai dari fase telur, larva, pupa dan imago berupa ngengat (Baehaki, 1992:119).

Metamorfosis dipengaruhi oleh hormon yang disebut hormon juvenil (*Juvenile hormone*). Hormon juvenil disekresikan oleh kelenjar asesori pada otak serangga yang dinamakan korpora alata (*corpora allata*). Sekresi hormon juvenil di dalam darah berfungsi untuk menekan karakteristik serangga dewasa dengan cara

mempertahankan struktur juvenil (serangga muda). Suatu serangga yang memiliki kandungan hormon juvenil yang tinggi di dalam darahnya akan mengalami *molting* tetapi bentuk serangga tersebut tetap sama di tahap berikutnya. Pada tahap kritis pertumbuhan, kandungan hormon juvenil akan berkurang. Saat kandungan hormon juvenil rendah di dalam tubuh serangga, maka serangga akan memiliki bentuk tubuh yang berbeda setelah tahap *molting* berikutnya. Pada saat produksi hormon juvenil berhenti dan kandungannya menurun ke level yang sangat rendah di dalam darah, maka serangga akan berkembang menjadi bentuk dewasa (imago) setelah tahap *molting* berikutnya.

Serangga muda (juvenil) biasanya dicirikan dengan kebiasaan makannya, karena pada tahap ini biasanya serangga sangat aktif untuk memakan makanannya. Kebiasaan makan serangga muda ini akan menghasilkan pertumbuhan ukuran tubuh. Pertumbuhan serangga biasanya melalui beberapa tahapan, dimana masing-masing tahap tersebut ditandai dengan pecahnya kutikula lama (*exuviae*) dari serangga. Pecahnya kutikula (*exuviae*) terjadi karena kutikula (eksoskeleton) tidak ikut tumbuh seperti tumbuhnya tubuh serangga. Proses lepasnya kutikula (*exuviae*) dari tubuh serangga disebut ekdisis (*ecdysis*) atau *molting* (Pedigo, 1991:147).

Proses *molting* dimulai dengan berhentinya aktivitas makan oleh serangga dan terjadi pembersihan saluran pencernaan di dalam tubuh serangga. Proses tersebut diinisiasi dan dikendalikan oleh hormon. Hormon yang utama dalam proses ini adalah *brain hormon* (PTTH, *prothoracicotropic hormone*) dan hormon ekdison (*ecdison hormone*). PTTH diproduksi oleh sel-sel neurosekretori dan akan disalurkan melalui saluran atau celah organ asesoris ke dalam darah menuju bagian kelenjar *prothorax* untuk merangsang produksi hormon ekdison. Hormon ekdison adalah hormon yang bertugas untuk menginisiasi terjadinya pertumbuhan dan terjadinya ekdisis atau *molting* (Pedigo, 1991:147).

Adanya stimulasi oleh ekdison akan menyebabkan sel-sel epidermis (bagian luar eksoskeleton) terpisah dari epidermis. Proses ini disebut dengan *apolysis*. Ketika kutikula terpisah dari epidermis, cairan *molting* akan diproduksi. Cairan *molting* ini

mengandung enzim proteinase dan kitinase yang dapat mencerna lebih dari 90 persen kutikula lama. Material yang telah dicerna akan diabsorpsi dan masuk kembali ke dalam proses metabolisme. Sementara kutikula lama dicerna, tubuh serangga membentuk kutikula baru yang tumbuh dengan lapisan-lapisan yang berbeda. Lapisan terluar dari kutikula tersebut bersifat resisten terhadap enzim pencernaan dari cairan *molting*, sehingga lapisan ini dapat melindungi lapisan-lapisan kutikula yang baru. *Molting* akan terus terjadi hingga pertumbuhan tubuh serangga selesai dan serangga berkembang menjadi serangga dewasa. Pada saat serangga telah berkembang menjadi serangga dewasa (imago) kemudian bertelur, maka serangga tersebut telah menyelesaikan siklus hidupnya (Pedigo, 1991:147).

2.3.1 Siklus Hidup Ulat Grayak *Spodoptera litura* F.

Siklus hidup merupakan rantai atau serangkaian peristiwa biologi yang terjadi selama hidup individu serangga. Siklus hidup *S. litura* 30 – 40 hari (David & Ananthakrisnan, 2004: 693). Adapun siklus hidup *S. litura* adalah sebagai berikut.

a. Telur

Telur serangga *S. litura* diletakkan secara bergerombol dengan bentuk dan ukuran yang bervariasi. Telur-telur tersebut diletakkan pada daun. Rata-rata jumlah telur dalam satu kelompok terdiri atas 200-350 telur berwarna putih kekuningan sampai coklat kekuningan yang ditutupi oleh bulu-bulu tubuh bagian ujung ngengat betina, berwarna kuning kecoklatan. Telur-telur tersebut akan menetas dalam waktu 3-4 hari setelah peletakan (*oviposition*) (Marwoto & Suharsono, 2008:132).



Gambar 2.1 Telur-telur *S. litura* (Sumber: BioLib-ITIS, 2009)

Setelah telur mengalami eklosi, serangga yang keluar adalah serangga muda dengan struktur juvenil berupa larva. Larva *S. litura* yang baru menetas, hidup dan makan secara berkelompok. Setelah beberapa hari, larva akan menyebar untuk mencari makan (Schreiner, 2000).

b. Larva

Stadium larva *S. litura* terdiri atas lima instar dengan empat kali *molting*. Larva instar I berwarna hijau muda, berkulit lunak dengan garis berwarna merah, kuning dan hijau, dan memiliki bagian kecil yang gelap pada bagian *mesothorax*. Pada bagian kepala terdapat dua titik hitam dan memiliki mandibula yang lunak. Pada stadium awal (instar I-II), larva hidup berkelompok dan memakan bagian helai daun dan meninggalkan tulang daunnya. Stadium larva ini yang berlangsung selama 20-46 hari (Herbinson-Evans & Crossley, 2013).



Gambar 2.2 Larva instar I atau II *S. litura* (Sumber: Macleay Museum, 2013)

Pada tahap selanjutnya, larva akan menyebar dengan menggunakan benang sutera dari mulutnya, berpindah tempat bergantung pada ketersediaan makanan. Pada larva instar III sampai V, larva hidup secara soliter atau tidak berkelompok (Marwoto & Suharsono, 2008:132).

Larva instar III memiliki warna yang bervariasi dari hijau muda sampai hijau tua hingga menjadi coklat. Pada tubuh larva instar III terdapat tiga garis longitudinal berwarna kuning, satu di bagian atas (dorsal) dan satu garis pada masing-masing sisi lateral. Selain itu terdapat barisan titik-titik hitam pada kedua sisi lateral dan dua baris segitiga hitam paralel di bagian sisi atas tubuhnya (Noma *et al.*, 2010).



(a)

(b)

Gambar 2.3 Larva *S. litura* Instar III; (a) Instar berwarna hijau (b) Instar berwarna coklat (Sumber: Macleay Museum, 2013)

Larva instar IV memiliki warna tubuh lebih gelap pada bagian dorsal dan terdapat garis gelap pada bagian lateral tubuhnya. Larva instar V memiliki tubuh yang sangat gelap. Pada bagian *mesothorax* terdapat 4 segitiga kuning yang jelas dan akan membesar. Panjang tubuh larva instar 5 kurang lebih 50 mm (Kalshoven, 1981: 339). Setelah menyelesaikan fase larva, fase berikutnya adalah pupa atau kepompong.



Gambar 2.4 Larva *S. litura* instar V (Sumber: Macleay Museum, 2013)

c. Pupa

Pupa atau kepompong terbentuk di dalam tanah, ulat membentuk pupa tanpa rumah pupa (kokon), berwarna coklat kemerahan dengan panjang sekita 1,60 cm. Lama stadium pupa 8-11 hari. Saat fase pupa selesai, serangga dewasa (imago) akan keluar dalam bentuk ngengat (Marwoto & Suharsono, 2008:132).



Gambar 2.5 Pupa *S. litura* (Sumber: Macley Museum, 2013)

d. Imago

Imago atau serangga dewasa dari *S. litura* berupa ngengat dengan panjang tubuh 15-20 mm, memiliki panjang bentangan sayap 30-38 mm, sayap depan berwarna abu-abu kecoklatan dengan garis menyerong berwarna putih, sedangkan sayap belakang berwarna pucat dengan tepi berwarna coklat (Noma *et al.*, 2010). Makanan utama bagi serangga dewasa ini adalah nektar bunga (Baehaki, 1993:119). Serangga betina mulai bertelur setelah 2-6 hari dan setiap betina dapat menghasilkan 2000-3000 telur (Kalshoven, 1981:339).



Gambar 2.6 Imago betina *S. litura* (Sumber: Macley Museum, 2013)

2.3.2 Gejala Serangan dan Pengendalian Ulat Grayak *Spodoptera litura* F.

Gejala serangan ulat grayak *S. litura* dapat diprediksi melalui pengamatan lapangan. Suatu wilayah dapat dikatakan diserang oleh hama *S. litura* apabila ditemukan kumpulan telur (diameter 4-7 mm) tertutup oleh bulu-bulu tubuh pada bagian permukaan bawah daun muda. Larva yang masih muda merusak daun dengan meninggalkan sisa-sisa epidermis bagian atas (transparan) dan tulang daun. Larva

instar lanjut merusak tulang daun dan membentuk lubang-lubang pada daun (Noma *et al.*, 2010). Biasanya larva berada di permukaan bawah daun dan menyerang secara serentak atau berkelompok (Marwoto & Suharsono, 2008:132).

Menurut Danks (1994: 642), ketika suatu jenis serangga utama mencapai kepadatan (densitas) yang terlalu tinggi pada suatu lahan pertanian, maka serangga hama tersebut akan menyebabkan kerusakan atau akibat yang lain yang dapat menyebabkan penurunan produksi pertanian. Pengendalian serangga hama dilakukan untuk mengurangi densitas atau kepadatan dari populasi serangga hama di dalam suatu ekosistem. Menurut Hadi dkk. (2009:57), dasar pengendalian hama adalah pembuatan suatu teknik untuk menghindari adanya serangga hama, membunuh serangga hama atau menciptakan keadaan lingkungan yang tidak dapat ditoleransi oleh serangga hama.

S. litura sebagai serangga hama penting, larvanya dapat menurunkan produksi pertanian, atau bahkan dapat menyebabkan gagal panen. Serangan berat karena populasi *S. litura* yang tidak terkendali pada suatu areal pertanian dapat mengakibatkan tanaman menjadi gundul karena daun habis (Marwoto & Suharsono, 2008:132). Oleh karena itu pengendalian terhadap hama *S. litura* menjadi salah satu hal penting dalam pertanian. Pengendalian hama ulat grayak *S. litura* yang telah dilakukan adalah:

1) Secara Kimia

Pengendalian secara kimia terhadap *S. litura* dilakukan untuk membunuh hama dan mengendalikan pertumbuhan hama. Namun, Soekarno (1982: 52-53) dalam penelitiannya menyatakan bahwa, *S. litura* di beberapa daerah di Indonesia telah mengalami resistensi terhadap beberapa jenis insektisida sehingga penggunaan insektisida saja tidak akan efektif dalam pengendalian hama *S. litura*. Selain itu, Rodriguez *et al.*, dan Reganult-Roger *et al.*, (dalam Kandagal & Mahadev, 2013: 253) menyebutkan bahwa penggunaan insektisida atau bahan kimia untuk mengendalikan hama berakibat serius terhadap lingkungan, seperti keracunan pada

manusia dan hewan lain, pencemaran air dan tanah, adanya residu zat pada makanan, serangga mengalami kekebalan/resisten terhadap insektisida dan pemberian insektisida yang berlebihan baik dosis maupun frekuensinya akan mengancam populasi musuh alami (parasitoid dan predator).

2) Secara Biologis

Pengendalian secara biologis dengan memanfaatkan musuh alami (parasitoid atau predator) dari *S. litura*. Beberapa penelitian menunjukkan ada beberapa jenis kontrol biologis dari *S. litura* yaitu parasit (*braconid*, *encyrtid*, *tachinids*, *ichneumonids*), virus polihedrosis, *Neoaplectana carpocapsae* dan *Bacillus thuringiensis* (Navon *et al.*, dalam EPPO, 1990:5).

3) Secara Fisik dan Mekanis

Pengendalian fisik dan mekanik bertujuan untuk mengurangi populasi hama, mengganggu aktivitas fisiologis hama dan mengubah lingkungan fisik menjadi kurang sesuai bagi kehidupan dan perkembangan hama. Pengurangan populasi dapat dilakukan dengan mengambil kelompok telur, membunuh larva dan imago atau mencabut tanaman yang sakit (Marwoto & Suharsono, 2008:134).

Pengendalian hama yang saat ini sedang dikembangkan adalah Pengendalian Hama secara Terpadu (PHT). Adapun tujuan dari PHT adalah (1) untuk mengerti interaksi dari organisme dengan lingkungannya di dalam ekosistem; (2) untuk menentukan level, atau *threshold*, dari segi ekonomi mengharuskan adanya ukuran pengendalian; dan (3) untuk mengembangkan program atau seri perlakuan yang tidak akan merusak interaksi antara organisme-organisme lain dari suatu ekosistem. Melalui PHT ini, diharapkan akan adanya pengetahuan yang dapat memberi peringatan lebih awal bahwa, kepadatan populasi dari serangga yang berpotensi sebagai hama telah mencapai suatu level, dimana satu atau beberapa langkah pengendalian harus mulai dilakukan untuk mencegah serangga tersebut mencapai level kepadatan-populasi yang akan menyebabkan kerusakan berat (Danks, 1994:661).

Program PHT memungkinkan untuk mengendalikan hama secara efektif dan efisien dengan menentukan metode pengendalian yang terbaik dan sesuai untuk diaplikasikan di lingkungan (lahan pertanian). Untuk dapat mencapai hal tersebut, maka dalam PHT terdapat langkah monitoring serangga dari generasi ke generasi. Aspek lain yang penting untuk diperhatikan agar pengendalian hama lebih efektif adalah pengetahuan mengenai waktu dalam siklus hidup serangga hama. Mengetahui waktu-waktu dalam siklus hidup serangga hama akan menjadi petunjuk kapan waktu yang tepat untuk pengaplikasian insektisida, misalnya pada fase larva yang baru menetas adalah fase paling lemah atau rentan terhadap insektisida. Dengan demikian pengendalian hama akan lebih efisien.

2.4 Pengaruh Suhu Lingkungan terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Serangga

Pertumbuhan dan perkembangan pada serangga dikendalikan oleh hormon-hormon yang dibantu oleh kerja enzim-enzim melalui reaksi-reaksi biokimia di dalam tubuhnya (Pedigo, 1991:149). Hampir seluruh reaksi biokimia tersebut sangat sensitif terhadap temperatur atau suhu. Temperatur atau suhu adalah fungsi dari rata-rata energi kinetik suatu molekul dalam suatu sistem yang ditentukan oleh aliran panas (*heat*). Temperatur atau suhu sangat berpengaruh terhadap reaksi kimia, dan karena sebagian besar respon organisme bergantung pada reaksi kimia, maka dapat dikatakan bahwa suhu adalah parameter utama dalam hampir semua aktivitas biologi makhluk hidup. Adapun reaksi kimia di dalam tubuh, dibatasi oleh suhu lingkungan atau dapat dikatakan bahwa aktivitas biologi dari setiap makhluk hidup hanya terjadi pada kisaran suhu tertentu. Kisaran suhu dari lingkungan yang memungkinkan terjadinya reaksi kimia yang dilakukan oleh hormon dan enzim di dalam tubuh sebagian besar makhluk hidup adalah tidak lebih dari 50°C (Gordon *et al.*, 1982: 333).

Enzim-enzim berfungsi dengan baik pada kisaran suhu yang tidak terlalu tinggi (panas) dan tidak terlalu rendah (dingin) atau ada kisaran suhu optimal untuk enzim. Seperti yang telah diketahui, fungsi utama dari enzim adalah sebagai

biokatalis dalam reaksi kimia yang terjadi dalam metabolisme tubuh makhluk hidup (Molles, 2013:105).

Pertumbuhan dan perkembangan merupakan hasil dari proses metabolisme tubuh. Metabolisme tubuh sangat sensitif terhadap perubahan suhu internal seekor hewan (Campbel *et al.*, 2004:100). Serangga sebagai kelompok hewan yang sebagian besar anggotanya adalah hewan poikilotermik, serangga tidak memiliki kemampuan untuk mengendalikan suhu disekitar lingkungan mereka. Suhu tubuh serangga tidak konstan dan reaksi kimia dari metabolisme secara otomatis akan semakin cepat dengan terjadinya kenaikan suhu (Danks, 1994:568). Suhu lingkungan adalah faktor yang paling berpengaruh terhadap suhu internal tubuh serangga, sehingga metabolisme yang terjadi di dalam tubuhnya dipengaruhi pula oleh suhu lingkungannya.

Masaki dan Wipking, dalam Danks (1994: 9-12) menggambarkan hubungan antara suhu lingkungan dengan perkembangan dan hubungan kecepatan perkembangan (terkait kenaikan suhu) dengan pertumbuhan serangga dalam bentuk grafik. Grafik mengenai hubungan suhu dengan perkembangan menggambarkan bahwa, kecepatan perkembangan serangga meningkat seiring dengan meningkatnya suhu lingkungan hingga batas tertentu (suhu maksimum), kemudian saat suhu melebihi batas tersebut, kecepatan perkembangan tubuh serangga mengalami penurunan. Berhentinya perkembangan pada suhu rendah pada titik tertentu disebut dengan *threshold temperature*, titik ini berada di 5-30°C di atas suhu rendah letal (*lethal low temperature*) yang sebenarnya. Perkembangan hewan juga berhenti pada suhu tinggi pada titik tertentu yang biasanya sangat dekat dengan suhu tinggi letal hewan (*lethal high temperature*). Grafik hubungan kecepatan perkembangan (terkait kenaikan suhu) dengan pertumbuhan serangga menggambarkan bahwa, semakin cepat perkembangan suatu serangga dikarenakan naiknya suhu, maka individu yang dihasilkan akan semakin kecil.

Kecepatan pertumbuhan serangga dapat ditentukan dengan rumus:

$$G = \frac{100 (\ln W_2 - W_1)}{t_2 - t_1}$$

Keterangan: G = kecepatan pertumbuhan
 W_1 = berat tubuh serangga pada t_1
 W_2 = berat tubuh serangga pada t_2
 t_1 & t_2 = waktu pengukuran
 (Arnason *et al.*, 2009)

Adapun kecepatan perkembangan serangga dapat ditentukan dengan rumus:

$$V = \frac{1}{t}$$

Keterangan: V = kecepatan perkembangan pada setiap perlakuan suhu
 t = waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan perkembangan pada tiap suhu (hari)
 (Sharov, 1998)

Kisaran suhu yang dapat ditolerir oleh serangga berbeda-beda tiap jenisnya. Sebagian besar serangga yang tahan panas akan mati pada suhu 47-52°C. Namun, pada umumnya serangga memiliki suhu tinggi letal (*lethal high temperature*) dari 38-44°C. Keberagaman suhu tinggi letal ini juga berlaku untuk suhu rendah letal. Serangga di daerah tropis biasanya tidak mampu bertahan hidup pada suhu beberapa derajat di bawah 0°C (32°F). Terkait dengan adanya metamorfosis dalam siklus hidup serangga, memungkinkan adanya fase yang resisten akan suhu rendah. Bentuk resisten dapat terjadi pada salah satu fase, bisa telur, nimfa, larva, pupa atau hewan dewasa (imago). Kemampuan mengembangkan ketahanan terhadap suhu tertentu pada serangga tidak lepas dari adanya struktur tubuh yang mampu membaca perubahan suhu lingkungan, disebut termoreseptor (*thermoreceptor*). Termoreseptor pada serangga bisa dalam bentuk struktur khusus seperti antena atau tersebar di seluruh tubuh serangga (Danks, 1994:184, 570-571).

2.5 Physiological Time Serangga

Uraian mengenai pengaruh suhu terhadap pertumbuhan dan perkembangan serangga mengarah pada salah satu hal yang penting untuk dikaji dalam

perkembangan serangga yaitu *physiological time* serangga. *Physiological time* merupakan waktu yang dibutuhkan suatu jenis hewan untuk menyelesaikan tahap perkembangannya mulai dari awal hingga akhir (siklus hidup) terkait dengan akumulasi suhu sepanjang waktu (Meyer, 2003). *Physiological time* diekspresikan sebagai *degree-days* (°D) atau *degree hours* (°h). *Degree-days* (DD) merupakan suatu cara untuk mengukur pertumbuhan dan perkembangan serangga sebagai respon terhadap suhu harian lingkungannya (Balogh & Pfeiffer, 1998).

Degree-days (DD) diakumulasi dari waktu ke waktu, sehingga diperoleh total jumlah *degree-days* (DD) yang dibutuhkan serangga untuk menyelesaikan perkembangannya. Total *degree-days* (DD) inilah yang disebut sebagai *physiological time* (Romo & Eddleman, 1995). *Degree-days* (DD) yang diakumulasi setiap hari dan dihubungkan dengan suhu konstan (*thermal constant*) pada setiap fase digunakan untuk mengestimasi kapan suatu fase dalam perkembangan serangga akan terjadi atau dimulai (Pedigo, 1991:194).

Konsep *degree-days* (DD) mengasumsikan bahwa, perkembangan berhubungan secara linear terhadap suhu (temperatur) yang berada di antara *developmental threshold* hingga suhu optimum (Sharp & DeMichelle (1977), dalam Romo & Eddleman, 1995). 1 *degree-days* (DD) adalah perkembangan yang terjadi selama 1 hari (24 jam) ketika suhu lingkungan 1 derajat di atas *developmental threshold* (Pedigo, 1991:195).

Developmental threshold (C) dapat diestimasi dengan persamaan yang diperoleh dari regresi linear hubungan antara suhu (°C) dan kecepatan perkembangan (1/hari) dari serangga. Adapun persamaan yang akan diperoleh dari regresi linear tersebut mengikuti formula:

$$y = a + bT ; T_0 = -\frac{a}{b}$$

yang mana y (1/hari) adalah kecepatan perkembangan serangga, a dan b adalah konstanta, T (°C) adalah suhu, dan T_0 adalah *lower developmental threshold* (°C) (Fantinou *et al.*, 2003:1338).

Nilai *developmental threshold* digunakan untuk menentukan *physiological time* atau *Degree-days* (DD). *Physiological time* (DD) dapat dihitung dengan rumus:

$$DD = \left[\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right] - T_0$$

Keterangan: DD = *Degree-days* (°D)
 T_{max} = suhu maksimum harian (°C)
 T_{min} = suhu minimum harian (°C)
 T_0 = *Developmental threshold* (°C)
 (Pedigo, 1991:195)

Degree-days (DD) dapat digunakan untuk memprediksi kapan dimulainya suatu fase perkembangan serangga hama tertentu, apabila *thermal constant* dari setiap fase telah ditentukan. *Thermal constant* adalah jumlah *degree-days* yang dibutuhkan agar suatu fase berlangsung. *Thermal constant* dapat ditentukan dengan rumus:

$$K = \frac{1}{b}$$

Adapun K adalah *thermal constant* (DD) dan b adalah konstanta dari persamaan regresi linear hubungan suhu dan kecepatan perkembangan (Fantinou *et al.*, 2003: 1338).

Pengetahuan mengenai *physiological time* serangga terkait waktu terjadinya suatu fase dalam perkembangan serangga merupakan salah satu faktor penting dalam usaha pengendalian serangga hama. Usaha pengendalian hama akan lebih efektif dan efisien apabila kegiatan pengendalian dilakukan tepat waktu. Misalnya, fase paling rentan terhadap insektisida dari suatu serangga hama tertentu adalah fase larva, maka pengetahuan kapan larva akan muncul dan dalam waktu berapa lama fase larva tersebut berlangsung menjadi salah satu faktor keberhasilan pengaplikasian insektisida (Pedigo, 1991:15).

2.6 Klasifikasi Kubis Putih (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)

Kubis putih (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) merupakan salah satu sayuran penting, terutama di dataran tinggi dengan suhu optimal 12 - 15°C dengan

pH tanah 6,0. Luas pertanian kubis di Indonesia menurut Deptan adalah 65.974 hektar dengan total produktifitas maksimum sekitar 21 ton per hektar. Kubis mempunyai arti ekonomi yang penting sebagai sumber pendapatan petani dan sumber gizi (vitamin A dan C) bagi masyarakat (Sastrosiswojo dkk., 2005).

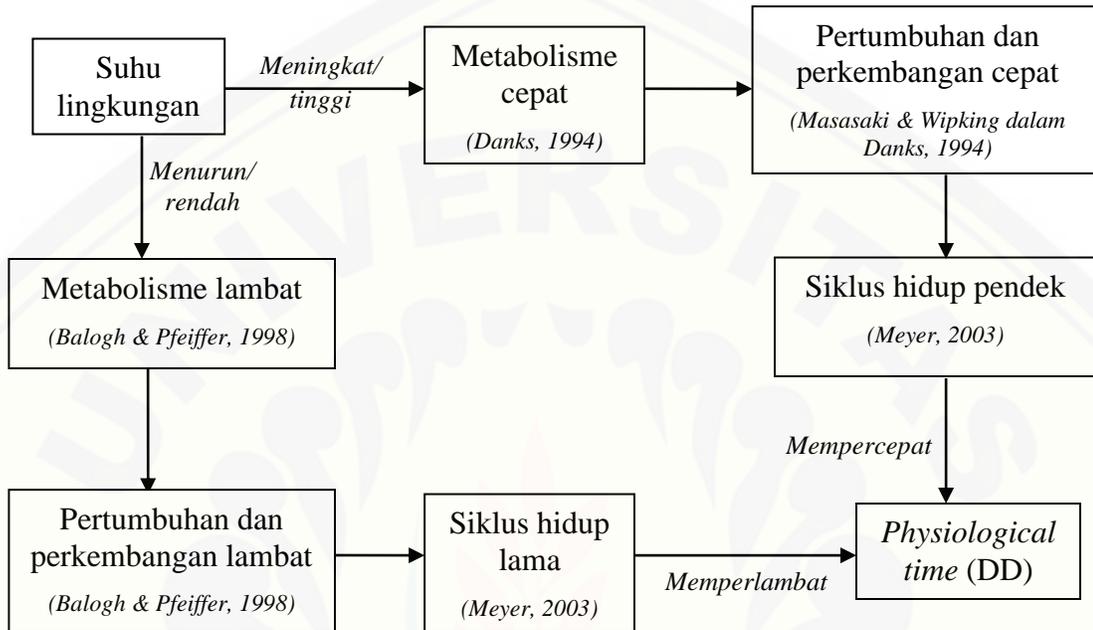
Berdasarkan *checklist* yang dimuat dalam ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*) (2013), kedudukan *Brassica oleracea* var. *capitata* L. dalam sistem taksonomi adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Division : Tracheophyta
Subdivision : Spermatophytina
Infradivision : Angiospermae
Class : Magnoliopsida
Superorder : Rosanae
Order : Brassicales
Family : Brassicaceae
Genus : *Brassica*
Species : *Brassica oleracea* L.
Variety : *capitata*

Kubis putih (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) memiliki ciri morfologi ukuran yang cukup besar berbentuk kepala, dengan daun-daun yang tumbuh membulat dan saling tumpang tindih dan memiliki batang yang lunak. Daun kubis mengandung 4,5-6,0 gula, protein, lemak, vitamin A, C, B1, dan B2. (Bailey *et al.*, 1976).

2.7 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini dirumuskan berdasarkan kerangka teoritis berikut.



Gambar 2.7 Kerangka teoritis hubungan antar variabel penelitian

Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Ada pengaruh perbedaan suhu terhadap pertumbuhan ulat grayak *S. litura*.
- Ada pengaruh perbedaan suhu terhadap perkembangan ulat grayak *S. litura*.
- Semakin tinggi suhu ruang pemeliharaan maka pertumbuhan dan perkembangan serangga *S. litura* akan semakin cepat sehingga mempercepat siklus hidup atau *physiological time* serangga *S. litura*.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi Gedung III FKIP dan Gedung Mas Soerachman Universitas Jember selama dua bulan, yaitu pada bulan April sampai Mei 2014.

3.2 Identifikasi Variabel Penelitian

Adapun variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perbedaan suhu ruang pemeliharaan *Spodoptera litura* F. (*S. litura*)
- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pertumbuhan (pertambahan ukuran panjang dan berat) dan waktu perkembangan (metamorfosis) pada *S. litura*
- c. Variabel kontrol atau variabel kendali adalah serangga uji yang digunakan berupa larva *S. litura* pada fase instar II.

3.3 Devinisi Operasional Variabel

Peneliti memberikan pengertian untuk menjelaskan operasional variabel penelitian agar tidak menimbulkan pengertian ganda yaitu sebagai berikut.

- a. Suhu (temperatur) yang diamati adalah derajat panas atau dingin dari ruang yang digunakan untuk pemeliharaan serangga uji *S. litura* selama penelitian. Besarnya suhu diukur menggunakan termometer.
- b. Pertumbuhan merupakan pertambahan ukuran tubuh yang dialami serangga uji *S. litura* selama perlakuan. Pertambahan ukuran serangga uji yang diukur adalah panjang dan berat serangga uji. Panjang tubuh diukur saat larva tidak bergerak sehingga data yang diperoleh dapat bersifat konstant. Pertumbuhan ditandai dengan adanya proses *molting* atau ganti kulit.

- c. Perkembangan merupakan perubahan bentuk yang dialami serangga uji *S. litura* selama perlakuan. Perkembangan serangga uji dilihat dari terjadinya *molting* dari fase instar II hingga instar V dan lama waktu (hari) yang dibutuhkan oleh serangga uji hingga menjadi instar V.

3.4 Desain Penelitian

3.4.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor tunggal berupa perbedaan suhu ruang pemeliharaan *S. litura*. Perlakuan (P) yang digunakan sebanyak 5 perlakuan dan 1 kontrol. Berdasarkan penelitian Selvaraj *et al.*, (2010), *S. litura* dapat tumbuh maksimum pada kisaran suhu lingkungan 26°C sampai 35,1°C. Rentang suhu tersebut dijadikan sebagai dasar penentuan perlakuan yang diberikan. Masing-masing perlakuan dilakukan dengan 15 kali ulangan dan setiap ulangan terdiri dari 2 larva. Dengan demikian, pada penelitian ini diperlukan 180 larva. Adapun desain penelitian pengaruh suhu terhadap pertumbuhan dan perkembangan ulat grayak *S. litura* pada kubis (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* (L.)) diperlihatkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Desain penelitian pengaruh suhu terhadap pertumbuhan dan perkembangan ulat grayak *S. litura*

Ulangan	Perlakuan					
	K	P1	P2	P3	P4	P5
1	K1.U1	P1.U1	P2.U1	P3.U1	P4.U1	P5.U1
2	K1.U2	P1.U2	P2.U2	P3.U2	P4.U2	P5.U2
3	K1.U3	P1.U3	P2.U3	P3.U3	P4.U3	P5.U3
4	K1.U4	P1.U4	P2.U4	P3.U4	P4.U4	P5.U4
5	K1.U5	P1.U5	P2.U5	P3.U5	P4.U5	P5.U5
6	K1.U6	P1.U6	P2.U6	P3.U6	P4.U6	P5.U6
7	K1.U7	P1.U7	P2.U7	P3.U7	P4.U7	P5.U7
8	K1.U8	P1.U8	P2.U8	P3.U8	P4.U8	P5.U8
9	K1.U9	P1.U9	P2.U9	P3.U9	P4.U9	P5.U9

10	K1.U10	P1.U10	P2.U10	P3.U10	P4.U10	P5.U10
11	K1.U11	P1.U11	P2.U11	P3.U11	P4.U11	P5.U11
12	K1.U12	P1.U12	P2.U12	P3.U12	P4.U12	P5.U12
13	K1.U13	P1.U13	P2.U13	P3.U13	P4.U13	P5.U13
14	K1.U14	P1.U14	P2.U14	P3.U14	P4.U14	P5.U14
15	K1.U15	P1.U15	P2.U15	P3.U15	P4.U15	P5.U15

Keterangan:

K : kontrol, pemeliharaan larva dalam ruang bersuhu lingkungan $27,5^{\circ}\text{C} (\pm 0,5^{\circ}\text{C})$

P1 : perlakuan ke-1, pemeliharaan larva dalam ruang bersuhu $28^{\circ}\text{C} (\pm 0,5^{\circ}\text{C})$

P2 : perlakuan ke-2, pemeliharaan larva dalam ruang bersuhu $30^{\circ}\text{C} (\pm 0,5^{\circ}\text{C})$

P3 : perlakuan ke-3, pemeliharaan larva dalam ruang bersuhu $32^{\circ}\text{C} (\pm 0,5^{\circ}\text{C})$

P4 : perlakuan ke-4, pemeliharaan larva dalam ruang bersuhu $34^{\circ}\text{C} (\pm 0,5^{\circ}\text{C})$

P5 : perlakuan ke-5, pemeliharaan larva dalam ruang bersuhu $36^{\circ}\text{C} (\pm 0,5^{\circ}\text{C})$

3.4.2 Penentuan Sampel Penelitian

Sampel penelitian berupa larva instar II *S. litura*. Kriteria sampel untuk larva instar II adalah berwarna hijau muda, berkulit lunak dengan garis berwarna merah, kuning dan hijau, dan memiliki bagian kecil yang gelap pada bagian *mesothorax*. Pada bagian kepala terdapat dua titik hitam dan memiliki mandibula yang lunak (Herbinson-Evans & Crossley, 2013). Penentuan serangga uji dilakukan dengan memilih larva yang sehat yang dicirikan larva bergerak aktif.

3.5 Alat dan Bahan Penelitian

3.5.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: inkubator yang terbuat dari papan tripleks berlapis *styrofoam* dan kain dengan pemanas berupa lampu listrik, termometer, pengendali suhu berupa termostat bimetal, kuas, cawan petri, timbangan digital, tempat pemeliharaan larva berupa botol selai.

3.5.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah larva instar II *S. litura*, daun kubis putih (*Brassica oleracea* var. *capitata* (L.)), daun jarak kepyar (*Ricinus communis* L.), kain kasa, kertas hisap, aquades dan kapas.

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Persiapan Penelitian

1) Penyediaan *S. litura*

S. litura fase larva instar I sebagai serangga uji diperoleh dari Balai Tanaman Pemanis dan Serat (BALITTAS) Malang. Serangga uji berupa larva instar I diaklimasi selama 2-3 hari dan diberi pakan daun jarak kepyar (*Ricinus communis* L.) hingga berkembang menjadi larva instar II. Tujuan dari aklimasi adalah untuk mengembalikan keadaan serangga uji agar sehat setelah perjalanan. Penentuan serangga uji dilakukan dengan memilih larva yang sehat yang dicirikan larva bergerak aktif.

2) Penyediaan Inkubator Sederhana

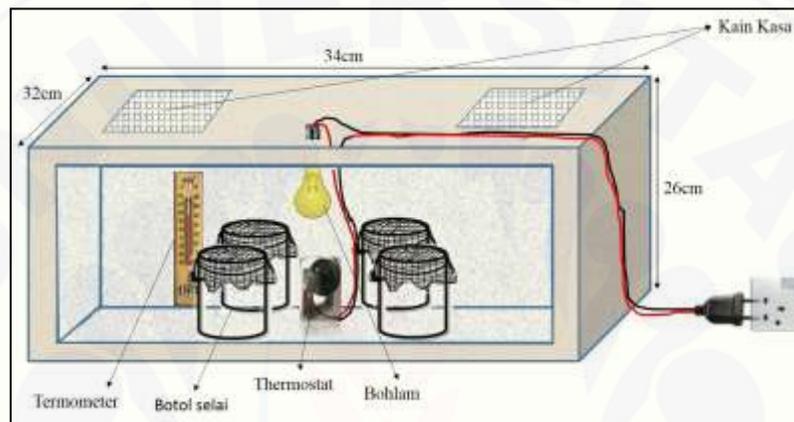
Inkubator sederhana dibuat dengan menggunakan bahan kedap panas berupa *styrofoam* dengan rangka luar dari papan tripleks. Panas (suhu) ruangan berasal dari panas listrik yang dihasilkan oleh lampu pijar. Suhu ruangan diukur dengan menggunakan termometer. Pengendalian suhu ruang agar tetap (konstan) dilakukan melalui pengendalian nyala lampu yang akan diatur otomatis hidup dan mati oleh termostat bimetal melalui saklar. Inkubator ini telah diuji pada suhu 31,5°C dengan deviasi sebesar 0,5°C.

3) Pemeliharaan *S. litura*

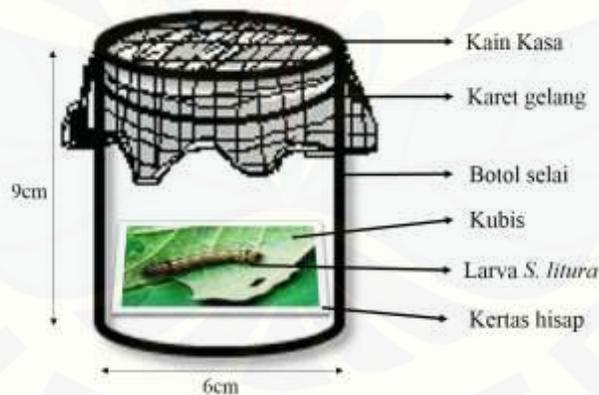
Setelah larva *S. litura* terpilih, larva dimasukkan ke dalam tempat pemeliharaan dan ditempatkan di dalam inkubator sederhana dengan suhu ruangan konstan. Pakan yang diberikan untuk larva *S. litura* adalah daun kubis putih (*Brassica*

oleracea var. *capitata* (L.)) segar yang diberikan setiap hari selama waktu penelitian. Pakan diletakkan di atas kertas hisap yang diganti setiap hari pula untuk menjaga kebersihan dan kelembapan tempat pemeliharaan. Selama pemeliharaan, dilakukan pengamatan sesuai dengan parameter yang diukur dalam penelitian.

3.6.2 Gambar Desain Penelitian



Gambar 3.1 Inkubator sederhana (tampak depan)



Gambar 3.2 Botol pemeliharaan larva *S. Litura*

3.6.3 Parameter Pengamatan

Pengamatan dan pengukuran dilakukan pada setiap larva di setiap perlakuan dan dilakukan setiap hari selama waktu penelitian. Adapun parameter yang diamati dan dihitung dalam penelitian ini ditampilkan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Tabel Parameter Pengamatan

Variabel	Sub variabel	Parameter	Instrumen pengukuran
1. Pertumbuhan	Panjang tubuh larva	Terjadi pertambahan panjang tubuh larva (mm)	Alat : kertas <i>milimeter block</i> Panjang tubuh = jarak ujung caput s.d ujung abdomen saat larva tidak bergerak.
	Berat tubuh larva	Terjadi pertambahan berat tubuh larva (mg)	Alat: timbangan digital Berat larva sebelum perlakuan = (berat kubis + larva) – berat kubis Berat larva saat perlakuan ditentukan melalui persamaan regresi hubungan panjang-berat larva
	Mortalitas larva (%)	Jumlah larva yang tetap hidup selama diberi perlakuan (%)	Mortalitas dihitung dengan rumus: $\frac{\text{jumlah larva mati}}{\text{jumlah larva mula - mula}} \times 100\%$
2. Perkembangan	Lama waktu perkembangan (metamorfosis)	Lama waktu (hari) yang dibutuhkan larva untuk berubah fase menjadi instar V, ditandai dengan adanya <i>exuvium</i> di botol pemeliharaan	Jumlah hari dihitung dimulai saat serangga uji keluar dari <i>exuvium</i> atau waktu dimulainya fase selanjutnya.

3.7 Teknik Analisis Data

3.7.1 Analisis Pengaruh Perlakuan

Data yang diperoleh dari penelitian dianalisis dengan menggunakan uji ANOVA (*One-way Analysis of Variance*) untuk mengetahui adakah pengaruh perlakuan terhadap kecepatan pertumbuhan dan perkembangan serangga uji. Taraf signifikansi yang digunakan adalah 5%. Apabila nilai signifikansi menunjukkan pengaruh secara nyata, maka dilakukan uji lanjut *Post hoc* menggunakan uji Duncan

dengan taraf signifikansi 5%. Perilaku makan dan *molting* dijabarkan secara deskriptif.

3.7.2 Penentuan Kecepatan Perkembangan

Kecepatan perkembangan serangga dapat ditentukan dengan rumus:

$$V = \frac{1}{t}$$

Keterangan: V = kecepatan perkembangan instar pada setiap perlakuan suhu (1/hari)

t = waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan perkembangan pada tiap suhu (hari)

(Sharov, 1998)

3.7.3 Estimasi *Lower Developmental Threshold* (T_0) dan *Thermal Constant* (K)

Estimasi *lower developmental threshold* (T_0) dilakukan dengan menggunakan regresi linear data kecepatan perkembangan (*development rate*) yang telah dihitung. Persamaan regresi linear hubungan antara suhu dan kecepatan perkembangan ditunjukkan dengan persamaan:

$$y = a + bT$$

berdasarkan persamaan tersebut, maka *lower developmental threshold* (T_0) dan *Thermal Constant* (K) ditentukan dengan rumus:

$$T_0 = -\frac{a}{b}; K = \frac{1}{b}$$

Keterangan: y = kecepatan perkembangan (1/hari)

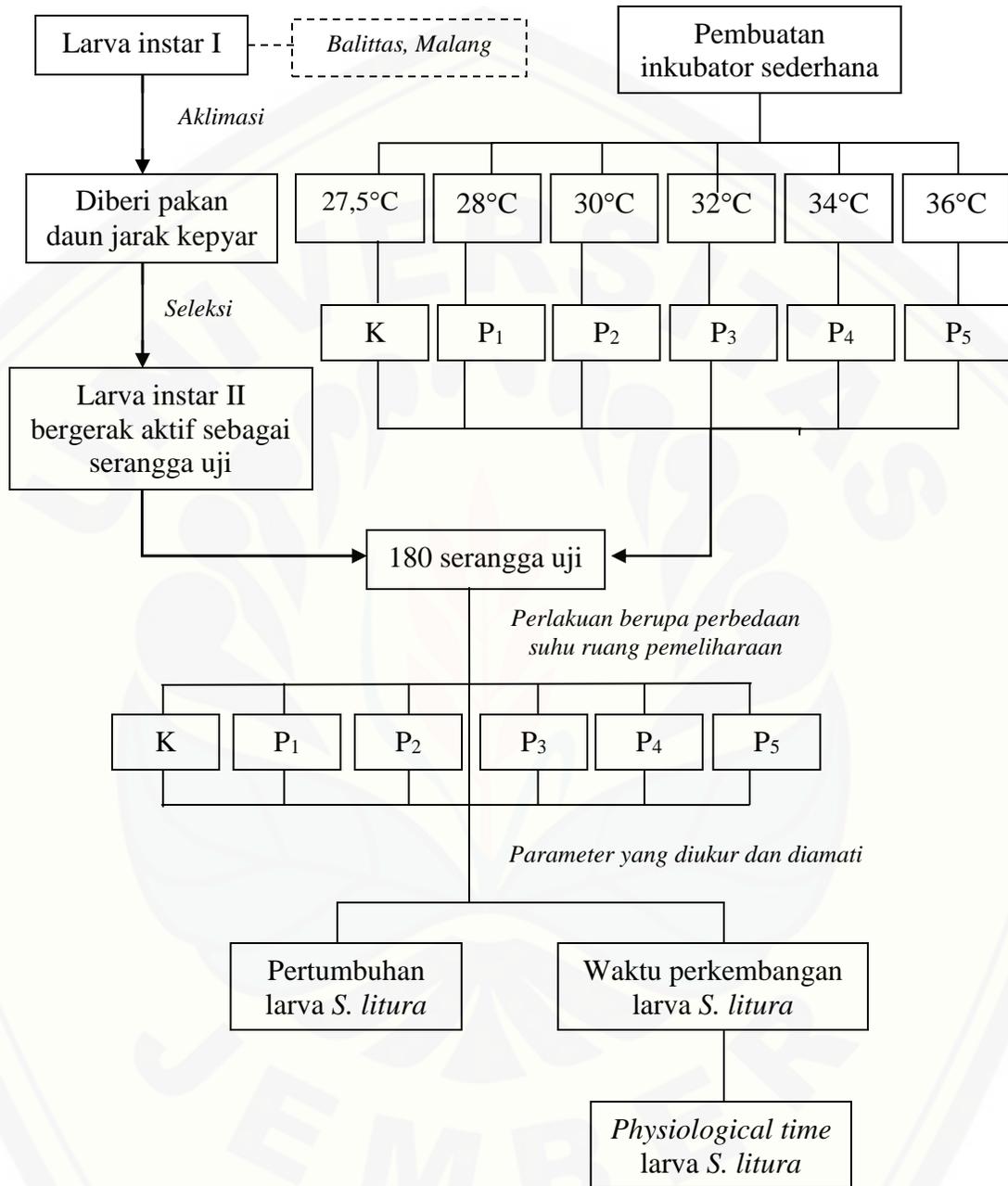
T = suhu (°C)

a dan b = konstanta

K = Thermal constant (DD)

(Fantinou *et al.*, 2003:1338)

3.8 Alur Penelitian



Gambar 3.3 Diagram alur penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi Gedung III FKIP dan Gedung Mas Soerachman Universitas Jember selama 2 bulan, yaitu pada bulan April – Mei 2014. Adapun hasil penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

4.1.1 Pengaruh Suhu terhadap Pertumbuhan Ulat Grayak *Spodoptera litura* F.

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu aklimasi larva *Spodoptera litura* F. (*S. litura*) dan pemeliharaan larva *S. litura* dengan pemberian perlakuan suhu yang berbeda. Aklimasi dilakukan selama 2 hari dari larva instar I hingga menjadi instar II, dilanjutkan dengan pemeliharaan di dalam inkubator yang memiliki perbedaan suhu yaitu $27,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ sebagai kontrol (K), $28 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ sebagai P1, $30 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ sebagai P2, $32 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ sebagai P3, $34 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ sebagai P4, dan $36 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ sebagai P5. Pemeliharaan larva *S. litura* di dalam inkubator dimulai dari larva *S. litura* instar II hingga menjadi instar V yang ditandai dengan terjadinya *molting*. Waktu perkembangan yang dibutuhkan untuk setiap larva *S. litura* bervariasi. Adapun untuk parameter pertumbuhan panjang dilakukan melalui pengukuran manual dengan bantuan *milimeter block*, sedangkan pengukuran berat dilakukan dengan menggunakan persamaan regresi yang diperoleh dari morfometri hubungan panjang dan berat awal larva *S. litura* sebelum dipelihara di inkubator. Pengukuran berat larva *S. litura* dengan persamaan regresi dilakukan untuk mencegah terjadinya perubahan suhu lingkungan di sekitar larva *S. litura* saat pengukuran yang dapat mempengaruhi kondisi tubuh dan metabolisme larva *S. litura*. Persamaan regresi yang diperoleh, ditunjukkan pada Gambar 4.1. Setelah data berat larva *S. litura* diperoleh, selanjutnya data dianalisis untuk mengetahui rerata pertumbuhan yang meliputi parameter

menunjukkan rerata pertambahan panjang (mm) tubuh larva *S. litura* pada masing-masing perlakuan pada tiap instar dari instar II sampai instar V.

Tabel 4.1 Rerata pertambahan panjang (mm) larva *S. litura* pada masing-masing perlakuan pada tiap fase instar dari instar II – V

Fase	Rerata pertambahan panjang (mm) \pm SD pada tiap perlakuan				
	Instar II	Instar III	Instar IV	Instar V	Total
K (27,5°C)	0,79 \pm 0,58	1,53 \pm 0,90	1,80 \pm 1,14	1,93 \pm 1,28	1,51 \pm 1,09
P1 (28°C)	0,85 \pm 0,66	1,55 \pm 0,96	0,98 \pm 2,01	0,58 \pm 2,33	1,01 \pm 1,62
P2 (30°C)	0,65 \pm 0,76	1,62 \pm 1,06	0,42 \pm 3,36	1,11 \pm 1,53	0,94 \pm 1,10
P3 (32°C)	0,27 \pm 0,45	0,97 \pm 1,17	1,02 \pm 1,52	1,93 \pm 1,41	1,04 \pm 1,33
P4 (34°C)	0,40 \pm 0,50	0,48 \pm 0,53	1,08 \pm 0,94	1,66 \pm 1,59	0,90 \pm 1,10
P5 (36°C)	0,37 \pm 0,50	0,88 \pm 0,65	1,37 \pm 0,10	1,41 \pm 1,43	1,00 \pm 1,03

Tabel 4.1 menunjukkan rerata pertambahan panjang (mm) yang terjadi pada tubuh larva *S. litura* pada tiap fase instar dari instar II hingga menjadi instar V. Larva yang dipelihara pada K (27,5°C) memiliki rerata pertambahan panjang pada tiap instar terbesar (1,51 mm), kemudian secara berturut-turut dari pertambahan panjang terbesar hingga terkecil ditunjukkan oleh larva yang dipelihara pada P3 (32°C) sebesar 1,04 mm, P1 (28°C) sebesar 1,01 mm, P5 (36°C) sebesar 1,00 mm, P2 (30°C) sebesar 1,04 mm, dan P4 (34°C) sebesar 0,90 mm. Adapun rerata pertambahan panjang (mm) tubuh larva *S. litura* dari instar II sampai instar V pada setiap perlakuan ditunjukkan oleh Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rerata pertambahan panjang (mm) larva *S. litura* pada masing-masing perlakuan dari instar II sampai instar V

Perlakuan	Rerata pertambahan panjang (mm) \pm SD
K (27,5°C)	7,27 \pm 5,51 ^a
P1 (28°C)	4,50 \pm 5,60 ^{ab}
P2 (30°C)	4,13 \pm 6,54 ^{ab}
P3 (32°C)	3,00 \pm 6,86 ^b
P4 (34°C)	1,77 \pm 5,61 ^b
P5 (36°C)	1,70 \pm 6,31 ^b

Keterangan : Rerata yang diikuti notasi yang sama menunjukkan hasil yang berbeda secara tidak signifikan pada uji *Duncan* dengan signifikansi 5%.

Tabel 4.2 menunjukkan perbedaan rerata panjang (mm) larva *S. litura* dari instar II hingga instar V pada tiap-tiap perlakuan. Larva *S. litura* yang dipelihara pada K (27,5°C), memiliki rerata pertambahan panjang sebesar $7,27 \pm 5,51$ mm, sedangkan pada P1 (28°C), larva *S. litura* mengalami pertambahan panjang yang lebih kecil sebesar $4,50 \pm 5,60$ mm. Adapun pada P2 (30°C), larva *S. litura* mengalami rerata pertambahan panjang sebesar $4,13 \pm 6,54$ mm dan pada P3 (32°C), larva *S. litura* mengalami pertambahan panjang dengan rerata sebesar $3,00 \pm 6,86$ mm. Rerata pertambahan panjang untuk larva *S. litura* yang dipelihara pada P4 (34°C) dan P5 (36°C) secara berurutan adalah sebesar $1,77 \pm 5,61$ mm dan $1,70 \pm 6,31$ mm. Rerata pertambahan pada larva *S. litura* yang dipelihara pada K (27,5°C) adalah rerata dengan nilai terbesar yaitu $7,27 \pm 5,51$ mm dibandingkan dengan rerata pertambahan larva *S. litura* yang diberi perlakuan. Sedangkan untuk rerata pertambahan terkecil adalah larva *S. litura* yang dipelihara pada P5 (36°C) dengan nilai rerata $1,7 \pm 6,31$ mm. Hasil analisis pengaruh perbedaan suhu terhadap panjang tubuh larva *S. litura* menggunakan uji ANOVA dengan taraf signifikansi 5% ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil uji ANOVA perlakuan suhu terhadap pertambahan panjang (mm) larva *S. litura*

Sumber	df	Rerata Kuadrat	F	Sig
Antar Kelompok	5	130,632	3,515	0,005
Dalam kelompok	174	37,164		
Total	179			

Berdasarkan hasil uji yang tertera pada Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa perlakuan berupa perbedaan suhu pemeliharaan berpengaruh sangat signifikan ($p=0,005$; $F=3,515$) terhadap pertambahan panjang larva *S. litura*. Berdasarkan hasil uji Anova tersebut, maka analisis dilanjutkan dengan uji *Post hoc* menggunakan uji Duncan untuk mengetahui perbedaan pengaruh antara tiap perlakuan terhadap pertambahan panjang tubuh larva *S. litura*. Hasil uji Duncan ditunjukkan pada Tabel 4.2 melalui notasi (*a*, *b*) pada nilai rerata pertambahan panjang dan Lampiran B4.

Berdasarkan hasil uji Duncan pada Tabel 4.2, maka dapat diketahui bahwa pemeliharaan larva pada K (27,5°C) berbeda secara tidak signifikan dengan P1 (27,5°C) dan P2 (30°C) dalam mempengaruhi pertambahan panjang larva *S. litura*, tetapi K (27,5°C) berbeda secara signifikan dengan P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C) dalam mempengaruhi pertambahan panjang larva *S. litura*. Namun, P1 (27,5°C) dan P2 (30°C) berbeda secara tidak signifikan dengan K (27,5°C), P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C) dalam mempengaruhi pertambahan panjang larva *S. litura*. Sedangkan antara (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C), ketiganya berbeda secara tidak signifikan dalam mempengaruhi pertambahan panjang tubuh larva *S. litura*.

b. Pengaruh Suhu terhadap Pertambahan Berat Tubuh *Spodoptera litura* F.

Selain parameter panjang, pertambahan larva *S. litura* juga diukur dari parameter pertambahan berat tubuh larva. Hasil analisis rerata pertambahan berat (mg) tubuh larva *S. litura* ditunjukkan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Rerata pertambahan berat (mg) larva *S. litura* dari instar II – V

Perlakuan	Rerata pertambahan berat (mg) \pm SD
K (27,5°C)	0,06 \pm 0,04 ^a
P1 (28°C)	0,04 \pm 0,04 ^{ab}
P2 (30°C)	0,03 \pm 0,05 ^{ab}
P3 (32°C)	0,02 \pm 0,05 ^b
P4 (34°C)	0,01 \pm 0,04 ^b
P5 (36°C)	0,01 \pm 0,05 ^b

Keterangan: Rerata yang diikuti notasi yang sama menunjukkan hasil yang berbeda secara tidak signifikan pada uji *Duncan* dengan signifikansi 5%.

Berdasarkan Tabel 4.4, dapat diketahui bahwa rerata pertambahan berat tubuh larva *S. litura* pada K (27,5°C) sebesar 0,06 \pm 0,04 mg. Pada larva *S. litura* yang dipelihara pada P1 (28°C) dan P2 (30°C), rerata pertambahan berat masing-masing adalah 0,04 \pm 0,04 mg dan 0,03 \pm 0,05 mg. Sedangkan untuk larva *S. litura* yang

dipelihara pada P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C) memiliki nilai rerata pertambahan berat sebesar $0,02 \pm 0,05$ mg, $0,01 \pm 0,04$ mg, dan $0,01 \pm 0,05$ mg. Apabila nilai rerata pertambahan berat dari masing-masing larva *S. litura* ditiap-tiap perlakuan dibandingkan, maka rerata pertambahan berat terbesar adalah pada larva *S. litura* yang dipelihara pada P1 (28°C) yaitu sebesar $0,06 \pm 0,04$ mg, sedangkan larva *S. litura* pada P5 (36°C) adalah larva *S. litura* dengan nilai rerata pertambahan berat yang paling kecil yaitu sebesar $0,01 \pm 0,05$ mg.

Adapun hasil analisis ANOVA untuk mengetahui adanya pengaruh suhu terhadap pertambahan berat larva *S. litura* ditampilkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil uji ANOVA perbedaan suhu terhadap pertambahan berat (mg) larva *S. litura* dari instar II – V

Sumber	df	Rerata Kuadrat	F	Sig.
Antar Kelompok	5	0,008	3,295	0,007
Dalam Kelompok	173	0,002		
Total	178			

Berdasarkan hasil uji yang tertera pada Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa perlakuan berupa perbedaan suhu pemeliharaan berpengaruh sangat signifikan ($p=0,007$; $F=3,295$) terhadap pertambahan berat tubuh larva *S. litura* dari instar II sampai instar V. Berdasarkan hasil uji Anova tersebut, maka analisis dilanjutkan dengan uji *Post hoc* Duncan. Hasil uji *Post hoc* Duncan ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan Lampiran B5.

Berdasarkan hasil uji *Duncan* pada Tabel 4.4 yang ditunjukkan oleh notasi (a, b), maka dapat diketahui bahwa pemeliharaan larva pada K (27,5°C) berbeda secara tidak signifikan dengan P1 (28°C) dan P2 (30°C) dalam mempengaruhi pertambahan berat larva *S. litura*, tetapi K (27,5°C) berbeda secara signifikan dengan P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C), dalam mempengaruhi pertambahan berat larva *S. litura*. P1 (28°C) dan P2 (30°C) berbeda secara tidak signifikan dengan K (27,5°C) dan semua

perlakuan. Adapun antara P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C), ketiganya berbeda secara tidak signifikan dalam mempengaruhi pertambahan berat tubuh larva *S. litura*.

c. Mortalitas Larva *Spodoptera litura* F.

Selain panjang dan berat tubuh larva *S. litura*, parameter pertumbuhan yang dilihat adalah mortalitas larva *S. litura* (%) atau jumlah larva *S. litura* yang tetap hidup selama diberi perlakuan. Hasil perhitungan mortalitas larva *S. litura* (%) ditunjukkan pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Mortalitas larva *S. litura* (%) dengan n=30 pada tiap perlakuan

Perlakuan	Mortalitas per perlakuan (%)
K (27,5°C)	100
P1 (28°C)	80
P2 (30°C)	90
P3 (32°C)	97
P4 (34°C)	97
P5 (36°C)	97

Tabel 4.6 menunjukkan mortalitas larva *S. litura* (%) dari awal perlakuan saat larva pada fase instar II sampai larva menjadi instar V. Larva *S. litura* yang dipelihara pada K (27,5°C) memiliki mortalitas tertinggi sebesar 100%. Adapun larva *S. litura* yang diberi perlakuan berupa perbedaan suhu pemeliharaan memperlihatkan mortalitas terendah pada kelompok larva P1 (28°C) sebesar 80% atau sebanyak 24 larva *S. litura* yang berkembang menjadi larva instar V. Mortalitas semakin meningkat seiring dengan meningkatnya suhu perlakuan yang diberikan hingga P3 (32°C). Larva yang dipelihara pada P3 (32°C), P4 (34°C) dan P5 (36°C) memiliki mortalitas yang sama sebesar 97%.

Berdasarkan persentase mortalitas larva dalam Tabel 4.6, maka jumlah larva terbanyak yang bertahan dari awal pemeliharaan (instar II) hingga akhir pemeliharaan (instar V) adalah larva *S. litura* yang dipelihara pada K (27,5°C) yaitu sebanyak 30 individu atau sebesar 100% dari jumlah awal larva *S. litura*. Sedangkan, larva *S. litura* pada P1 (28°C) memiliki jumlah larva *S. litura* yang mampu bertahan hingga

instar V paling sedikit yaitu sebanyak 24 individu. Pada P2 (30°C), larva *S. litura* yang mampu bertahan dan berkembang hingga instar V sebanyak 27 individu. Adapun larva yang dipelihara pada P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C), larva *S. litura* yang mampu bertahan dan berkembang hingga instar V berjumlah sama dan lebih banyak dari pada larva *S. litura* yang dipelihara pada P1 (27,5°C) dan P2 (30°C), yaitu 29 larva *S. litura*.

4.1.2 Pengaruh Suhu terhadap Perkembangan Larva *Spodoptera litura* F.

Lama perkembangan larva *S. litura* dihitung dari waktu (hari) yang dibutuhkan larva *S. litura* untuk berkembang dari instar II menjadi instar V. Perkembangan pada masing-masing instar ditandai dengan terjadinya *molting* atau adanya *exuvia* di botol pemeliharaan. Hasil perhitungan rerata lama perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Rerata lama perkembangan (hari) larva *S. litura* pada tiap instar dari instar II sampai instar V (n=30 pada tiap perlakuan)

Perlakuan	Rerata lama perkembangan (hari) \pm SD
K (27,5°C)	3,24 \pm 1,06 ^{bc}
P1 (28°C)	3,64 \pm 1,39 ^d
P2 (30°C)	3,41 \pm 1,15 ^{cd}
P3 (32°C)	3,02 \pm 0,87 ^{ab}
P4 (34°C)	3,00 \pm 0,95 ^{ab}
P5 (36°C)	2,93 \pm 0,79 ^a

Keterangan: Rerata yang diikuti notasi yang sama menunjukkan hasil yang berbeda secara tidak signifikan pada uji *Duncan* dengan signifikansi 5%.

Berdasarkan Tabel 4.7, rerata lama perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar dapat diketahui bahwa pada K (27,5°C), rerata lama perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar adalah selama 3,24 \pm 1,06 hari, sedangkan larva *S. litura* yang dipelihara pada P1 (28°C) memiliki lama perkembangan tiap instar yang lebih lama dengan rerata 3,63 \pm 1,39 hari. Larva *S. litura* yang dipelihara pada P2 (30°C)

memiliki rerata lama perkembangan tiap instar selama $3,41 \pm 1,15$ hari. Adapun larva *S. litura* yang dipelihara pada P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C), memiliki rerata perkembangan pada tiap instar yaitu, selama $3,02 \pm 0,87$ hari, $3,00 \pm 0,95$ hari, dan $2,93 \pm 0,79$ hari. Tabel 4.7 menunjukkan bahwa larva *S. litura* yang mengalami perkembangan paling lambat adalah larva *S. litura* yang dipelihara pada P1 (28°C) dengan lama perkembangan $3,64 \pm 1,39$ hari, sedangkan larva *S. litura* yang dipelihara pada K ($27,5^{\circ}\text{C}$), P2 (30°C), P3 (32°C), dan P4 (34°C) mengalami perkembangan yang lebih cepat. Larva *S. litura* yang diberi perlakuan ke-5 (36°C) memiliki lama perkembangan tercepat yaitu $2,93 \pm 0,79$ hari.

Analisis dengan uji ANOVA dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap lama perkembangan larva *S. litura*. Hasil uji ANOVA perlakuan terhadap lama perkembangan larva *S. litura* dengan *covariate* instar (II–V) ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil uji ANOVA perlakuan dengan *covariate* instar (II–V) terhadap lama perkembangan (hari) larva *S. litura*

Sumber	Tipe III Jumlah Kuadrat	df	Rerata Kuadrat	F	Sig.
Model dikoreksi	199,355 ^a	6	33,226	36,288	0,000
Intercept	1764,761	1	1764,761	1927,409	0,000
Instar	150,032	1	150,032	163,859	0,000
Perlakuan	41,768	5	8,354	9,123	0,000
Galat	742,562	811	0,916		
Total	9308,000	818			
Total Dikoreksi	941.917	817			

Uji Anova perlakuan dilakukan dengan peubah (*covariate*) berupa instar (II–V) terhadap lama perkembangan larva *S. litura* menggunakan taraf signifikansi 5%. Hasil analisis Anova dalam Tabel 4.8 menunjukkan bahwa perlakuan berupa perbedaan suhu pemeliharaan berpengaruh sangat signifikan ($p=0,000$; $F=9,123$) terhadap lama perkembangan larva *S. litura*. Adapun berdasarkan angka signifikansi untuk peubah (*covariate*) instar, maka dapat diketahui bahwa secara simultan, instar

berpengaruh sangat signifikan ($p=0,000$; $F=163,859$) terhadap lama perkembangan larva *S. litura*. Adapun nilai signifikansi dari model dikoreksi antara perlakuan dan instar, maka dapat diketahui bahwa secara simultan instar dan perlakuan berpengaruh secara signifikan ($p=0,000$; $F=36,288$) terhadap lama perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar. Berdasarkan hasil uji Anova tersebut, maka analisis dilanjutkan dengan uji *Post hoc* Duncan. Hasil uji *Post hoc* Duncan dapat dilihat pada Tabel 4.7 melalui notasi (a, b, c, dan d) pada nilai rerata lama perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar dan Lampiran B8.

Berdasarkan hasil uji Duncan pada Tabel 4.7, dapat diketahui bahwa rerata lama perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar memiliki empat notasi yang berbeda yaitu a, b, c, dan d. Rerata lama perkembangan larva *S. litura* yang dipelihara pada K ($27,5^{\circ}\text{C}$) sebesar $3,24^{bc}$ hari menunjukkan bahwa K ($27,5^{\circ}\text{C}$) berbeda secara signifikan dalam mempengaruhi lama perkembangan larva *S. litura* dengan P1 (28°C) dan P5 (36°C) yang memiliki rerata lama perkembangan selama $3,64^d$ hari dan $2,93^a$ hari. Namun, pemeliharaan larva pada K ($27,5^{\circ}\text{C}$) berbeda secara tidak signifikan dengan P2 (30°C), P3 (32°C) dan P4 (34°C) dalam mempengaruhi lama perkembangan larva *S. litura* karena memiliki salah satu notasi yang sama. Rerata lama perkembangan pada P2 (30°C) adalah sebesar $3,41^{cd}$ hari, P3 sebesar $3,02^{ab}$ hari, P4 (34°C) sebesar $3,00^{ab}$. Adapun P1 (28°C) berbeda secara tidak signifikan dalam mempengaruhi lama perkembangan larva *S. litura* dengan P2 (30°C), tetapi P1 ($27,5^{\circ}\text{C}$) dan P2 (30°C) berbeda secara signifikan dengan P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C) dalam mempengaruhi lama perkembangan larva. Adapun antara P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C) berbeda secara tidak signifikan dalam mempengaruhi lama perkembangan larva *S. litura*.

4.1.3 *Physiological time* Ulat Grayak *Spodoptera litura* F.

Physiological time *S. litura* merupakan waktu yang dibutuhkan *S. litura* untuk menyelesaikan tahap perkembangannya terkait dengan akumulasi suhu sepanjang

waktu. *Physiological time* diekspresikan sebagai *degree-days* (DD atau °D) yang dapat ditentukan dengan mengetahui *developmental threshold* dari *S. litura* terlebih dahulu.

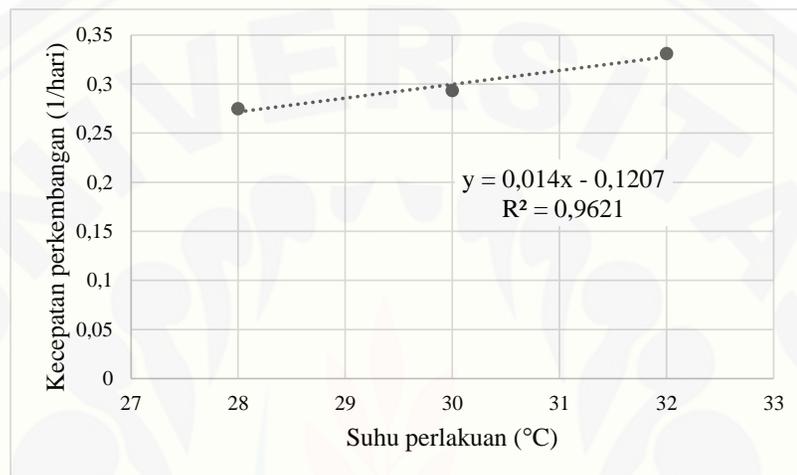
Penentuan batas bawah perkembangan (*low development threshold*) dari ulat grayak *S. litura* dapat ditentukan berdasarkan kecepatan perkembangan larva *S. litura*. Adapun kecepatan perkembangan serangga yang ditentukan dengan rumus (Sharov, 1998): $V = \frac{1}{t}$ ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Kecepatan perkembangan (1/hari) serangga pada tiap fase instar dari instar II ke instar V.

Perlakuan	Rerata lama perkembangan (hari)	V (1/hari)
K (27,5°C)	3,24	0,31
P1 (28°C)	3,64	0,27
P2 (30°C)	3,41	0,29
P3 (32°C)	3,02	0,33
P4 (34°C)	3,00	0,33
P5 (36°C)	2,93	0,34

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa larva *S. litura* yang dipelihara pada K (27,5°C) memiliki rerata lama perkembangan pada tiap instar selama 3,24 hari dan memiliki kecepatan perkembangan sebesar 0,31 (1/hari). Adapun pada P1 (28°C) larva *S. litura* memiliki rerata perkembangan yang lebih lama, yaitu selama 3,64 hari pada tiap instar dengan kecepatan perkembangan sebesar 0,27 (1/hari). Pada P2 (30°C), larva *S. litura* memiliki rerata lama perkembangan pada tiap instar yang lebih singkat yaitu 3,41 hari atau berkembang lebih cepat dari pada larva pada P1 dengan kecepatan perkembangan sebesar 0,29 (1/hari). Pada P3 (32°C) dan P4 (34°C), larva *S. litura* memiliki rerata lama perkembangan yang lebih cepat dari pada larva *S. litura* yang dipelihara pada K (27,5°C), P1 (28°C) dan P2 (30°C), yaitu 3,02 hari dan 3,00 hari pada tiap instar dengan kecepatan perkembangan yang sama yaitu 0,33 (1/hari). Pada P5 (36°C), larva *S. litura* memiliki lama perkembangan pada tiap instar selama 2,93 hari dengan kecepatan perkembangan paling cepat yaitu sebesar 0,34 (1/hari).

Data kecepatan perkembangan larva *S. litura* pada tiap perlakuan digunakan untuk menentukan *low development threshold* atau batas bawah suhu perkembangan dari larva *S. litura* melalui grafik linear hubungan suhu dengan kecepatan perkembangan yang menampilkan persamaan regresi linear seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Grafik hubungan kecepatan (1/hari) perkembangan larva *S. litura* instar (II-V) pada variasi suhu perlakuan.

Berdasarkan Gambar 4.3 pengaruh perlakuan berupa perbedaan suhu pemeliharaan terhadap kecepatan perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar mulai dari instar II sampai V diekspresikan berupa persamaan $y = 0,014x - 0,1207$. Penentuan *low development threshold* atau batas bawah suhu perkembangan dari larva *S. litura* dihitung dengan persamaan tersebut saat tidak terjadi perkembangan atau kecepatan perkembangan (y) bernilai 0 (nol), sehingga berdasarkan persamaan tersebut, *low development threshold* dari larva *S. litura* terjadi pada suhu $8,62^{\circ}\text{C}$. Adapun *thermal constant* (K) untuk larva *S. litura* adalah 71 DD.

Nilai *development threshold* dari larva *S. litura* pada suhu $8,62^{\circ}\text{C}$ selanjutnya digunakan untuk menentukan *degree-days* (DD) yang dihitung dengan rumus berikut.

$$DD = \left[\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right] - T_0$$

Hasil perhitungan yang telah dilakukan berdasarkan data suhu maksimum (32°C) dan suhu minimum (21°C) di wilayah Jember dari BMKG Jawa Timur untuk tanggal 22 – 25 Februari 2015, *degree-days* (DD) untuk fase larva *S. litura* adalah 17,9 DD artinya, pada rentang waktu tersebut sebesar 17,9 DD dari 71 DD telah diakumulasi untuk berlangsungnya fase larva instar II dari *S. litura*.

4.2 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu terhadap pertumbuhan dan perkembangan ulat grayak *Spodoptera litura* F. (*S. litura*), dan mengetahui *physiological time* dari larva *S. litura*. Penelitian ini menggunakan ulat grayak *S. litura* instar II yang dipelihara hingga larva *S. litura* menyelesaikan fase larva *S. litura* pada instar ke V. Penelitian menggunakan larva *S. litura* instar II karena pada fase instar I, larva *S. litura* terlalu lemah untuk diberi perlakuan sehingga banyak larva *S. litura* yang mengalami kematian sebelum memperlihatkan pertumbuhan dan perkembangannya. Besar suhu yang diberikan sebagai perlakuan terhadap hewan uji dimulai dari suhu 27,5°C sebagai kontrol (K), suhu 28°C (P1), 30°C (P2), 32°C (P3), 34°C (P4), dan 36°C (P5).

Selama proses penelitian, suhu ruang inkubator dipertahankan pada suhu perlakuan dengan menggunakan panas yang dihasilkan oleh lampu pijar. Nyala lampu dikendalikan oleh termostat yang disambungkan dengan sumber aliran listrik, sehingga saat suhu ruang melebihi suhu perlakuan, termostat akan memutuskan aliran listrik ke lampu pijar secara otomatis sehingga lampu mati hingga suhu kembali sesuai dengan suhu perlakuan. Suhu yang cukup panas pada suhu tertutup menyebabkan harus adanya pengendalian kelembapan udara dalam ruang pemeliharaan. Kelembapan ruang pemeliharaan dilakukan dengan menjaga agar lapisan kain pada dinding inkubator tetap basah sehingga ruang tidak terlalu kering bagi larva *S. litura* yang dipelihara selama pemberian perlakuan. Air yang digunakan

untuk membasahi dinding inkubator tidaklah sama karena suhu yang lebih tinggi mengakibatkan air lebih cepat menguap dibandingkan dengan inkubator bersuhu lebih rendah. Pada inkubator bersuhu 27,5°C dan 28°C, volume air yang digunakan untuk membasahi dinding inkubator sebanyak 300 ml. Setiap kenaikan 2°C suhu perlakuan, volume air yang digunakan lebih banyak 50 ml, sehingga pada suhu 30°C air yang digunakan sebanyak 350 ml. Pada suhu 32°C sebanyak 400 ml, suhu 34°C sebanyak 450 ml, dan suhu 36°C sebanyak 500 ml. Pemberian air ini dilakukan secara rutin pada pukul 06.00 WIB, 12.00 WIB, 18.00 WIB, dan 21.00 WIB.

Sebelum pemberian perlakuan dimulai, dilakukan proses aklimasi larva *S. litura* instar I terlebih dahulu. Larva *S. litura* instar I yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (BALITTAS) Malang diaklimasi selama 2-3 hari sampai larva *S. litura* masuk pada tahapan instar II. Saat aklimasi, larva *S. litura* instar I yang sebelumnya diberi pakan berupa daun jarak kepyar (*Ricinus communis* L.) dari Balittas, pada hari ke-2 diberi pakan berupa daun kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). Hal ini bertujuan agar pada saat pemberian perlakuan, sistem pencernaan dari larva *S. litura* telah mampu mencerna pakan dengan baik. Pemberian pakan kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) selanjutnya dilakukan sampai penelitian selesai atau larva *S. litura* telah mencapai tahapan instar V.

Penentuan fase instar larva *S. litura* dilakukan dengan melihat ciri-ciri tubuh pada ulat grayak *S. litura* dan penemuan *exuvium* (kutikula lama) seperti pada Gambar C9 (Lampiran 3). Namun, *exuvium* (kutikula lama) dari larva *S. litura* tidak selalu dapat ditemukan karena larva *S. litura* memiliki kecenderungan untuk memakan *exuvium* yang ditinggalkannya, sehingga penentuan fase instar lebih diutamakan dengan mengamati ciri-ciri tubuh larva *S. litura* pada tiap instar.

Larva *S. litura* instar II memiliki ciri tubuh seperti yang diperlihatkan pada Gambar C2 (Lampiran 3) yang berwarna hijau muda dan memiliki bagian kecil berupa dua titik hitam pada bagian kepala dan memiliki mandibula yang lunak. Struktur mandibula yang lunak ini mengakibatkan larva *S. litura* hanya mampu

memakan bagian makanan (daun kubis) yang lunak sehingga pertumbuhan larva *S. litura* pada instar II ini masih lambat. Namun, kemampuan larva *S. litura* memakan makanan yang diberikan mengalami peningkatan yang diikuti dengan pertumbuhan yang semakin pesat. Larva *S. litura* yang diuji menyelesaikan instar II-nya menjadi larva *S. litura* instar III dengan waktu yang bervariasi pada tiap perlakuan.

Larva *S. litura* instar III memiliki ciri tubuh seperti yang diperlihatkan pada Gambar C3 (Lampiran 3). Tubuh larva *S. litura* instar III berwarna hijau tua dengan garis longitudinal berwarna kuning sepanjang bagian dorsal dan lateral tubuh larva *S. litura*. Selain itu, larva *S. litura* instar III ditandai dengan adanya lingkaran gelap melingkar pada bagian dorsal antara kepala dengan perut. Pada saat larva *S. litura* instar III, larva *S. litura* menunjukkan pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan pada saat larva *S. litura* masih instar II. Hal ini disebabkan karena menguatnya struktur mandibula larva *S. litura*, sehingga aktivitas makan dari larva *S. litura* meningkat. Aktivitas makan yang semakin meningkat dari larva *S. litura* ini diikuti dengan peningkatan ukuran tubuh baik pada panjang tubuh maupun berat tubuh. Namun, pertumbuhan dan perkembangan larva *S. litura* untuk menjadi instar IV pun bervariasi pula, sehingga tidak setiap larva *S. litura* tumbuh dan berkembang menjadi larva *S. litura* instar IV pada waktu yang sama.

Larva *S. litura* instar IV ditandai dengan adanya perubahan warna tubuh yang menjadi semakin gelap dan adanya garis gelap pada bagian lateral tubuh larva *S. litura* seperti yang terlihat pada Gambar C4 (Lampiran 3). Larva *S. litura* instar IV mengalami peningkatan aktivitas makan yang didukung oleh struktur mandibula yang semakin kuat sehingga bagian daun kubis yang diberikan sebagai pakan tidak hanya daun yang lunak, tetapi tulang daun yang strukturnya lebih keras pun dimakan oleh larva *S. litura* instar IV. Perkembangan larva *S. litura* instar IV menjadi larva *S. litura* instar V lebih cepat bila dibandingkan dengan perkembangan larva *S. litura* instar III menjadi instar IV.

Larva *S. litura* instar V ditandai dengan tubuh yang lebih gelap dan memiliki empat segitiga kuning atau terang pada bagian mesotoraks seperti yang ditunjukkan

pada Gambar C6 (Lampiran 3). Pada saat larva *S. litura* dalam fase instar V awal, aktivitas makan dan gerak tidak jauh berbeda dengan larva *S. litura* instar IV. Namun, pada saat larva *S. litura* tumbuh menjadi instar V akhir terjadi penurunan aktivitas makan dan juga gerak. Pada waktu tersebut, larva *S. litura* instar V akan berkembang menjadi pupa. Proses pembentukan pupa pada *S. litura* secara alami terjadi di dalam tanah, sehingga pada penelitian ini disediakan media tanah yang dimasukkan ke dalam botol pemeliharaan agar larva *S. litura* dapat berubah menjadi pupa. Namun, pemilihan media berupa tanah hitam tidak dapat mendukung proses pembentukan pupa, sehingga hewan uji hanya mampu menyelesaikan fase larvanya hingga tahapan pre-pupa seperti yang ditunjukkan oleh Gambar C7 (Lampiran 3).

Pada penelitian ini, pengamatan pertumbuhan larva *S. litura* dilakukan terhadap pertambahan panjang (mm) dan berat larva *S. litura* (mg), sedangkan pengamatan perkembangan diukur dari lama waktu (hari) yang dibutuhkan oleh larva untuk berkembang dari instar II menjadi instar V. Pertambahan panjang diukur dengan menggunakan kertas *milimeter block* yang dimasukkan ke dalam botol pemeliharaan dan diletakkan di bawah daun kubis yang menjadi makanan bagi larva *S. litura*. Adapun berat larva diestimasi berdasarkan persamaan regresi dari grafik linear hubungan panjang dan berat larva *S. litura*. Hal ini bertujuan agar pengukuran pertumbuhan berat dapat dilakukan tanpa mengganggu larva *S. litura*.

4.2.1 Pengaruh Suhu terhadap Pertumbuhan Ulat Grayak *Spodoptera litura* F.

Hasil analisis dari data pertambahan panjang (mm) dan berat (mg) tubuh larva *S. litura* (Tabel 4.2 dan Tabel 4.4) menunjukkan bahwa pertambahan panjang dan berat larva *S. litura* pada tiap-tiap suhu pemeliharaan menunjukkan perbedaan rerata.

a. Pengaruh Suhu terhadap Pertambahan Panjang Tubuh *Spodoptera litura* F.

Larva *S. litura* yang dipelihara pada suhu ruang (inkubator) yang berbeda menunjukkan perbedaan pertambahan panjang (mm) pada masing-masing suhu pemeliharaan. Tabel 4.1 menunjukkan rerata pertambahan panjang (mm) yang terjadi

pada tubuh larva *S. litura* pada tiap fase instar dari instar II hingga menjadi instar V. Larva yang dipelihara pada K (27,5°C) memiliki rerata pertambahan panjang pada tiap instar terbesar (1,51 mm), kemudian secara berturut-turut dari pertambahan panjang terbesar hingga terkecil ditunjukkan oleh larva yang dipelihara pada P3 (32°C) sebesar 1,04 mm, P1 (28°C) sebesar 1,01 mm, P5 (36°C) sebesar 1,00 mm, P2 (30°C) sebesar 1,04 mm, dan P4 (34°C) sebesar 0,90 mm.

Adapun rerata pertambahan panjang (mm) tubuh larva *S. litura* dari instar II sampai instar V pada setiap perlakuan menunjukkan bahwa larva *S. litura* yang dipelihara pada K (27,5°C) yaitu $7,27 \pm 5,51$ mm dibandingkan dengan rerata pertambahan larva *S. litura* yang diberi perlakuan. Sedangkan untuk rerata pertambahan terkecil adalah larva *S. litura* yang dipelihara pada P5 (36°C) dengan nilai rerata $1,70 \pm 6,31$. Rerata pertambahan panjang larva *S. litura* yang dipelihara pada kelompok perlakuan secara berurutan, yaitu rerata pertambahan panjang tubuh larva dari instar I sampai instar V yang dipelihara pada P1 (28°C) sebesar $4,50 \pm 5,60$ mm, P2 (30°C) sebesar $4,13 \pm 6,54$, P3 (32°C) sebesar $3,00 \pm 6,86$ mm, P4 (34°C) dan P5 (36°C) secara berurutan adalah sebesar $1,77 \pm 5,61$ mm dan $1,70 \pm 6,31$. Adanya pengaruh perlakuan berupa perbedaan suhu pemeliharaan terhadap pertambahan panjang larva *S. litura* dibuktikan dengan hasil uji ANOVA pada Tabel 4.3.

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan berupa perbedaan suhu pemeliharaan berpengaruh sangat signifikan ($p=0,005$; $F=3,515$) terhadap pertambahan panjang tubuh larva *S. litura*. Hasil uji yang signifikan ini ditunjukkan melalui besarnya rerata pertambahan panjang larva *S. litura* pada tiap perlakuan yang semakin menurun seiring dengan kenaikan suhu pemeliharaan. Rerata pertambahan panjang larva *S. litura* dari instar II sampai instar V diperlihatkan pada Tabel 4.2. yang memperlihatkan bahwa rerata tertinggi pertambahan panjang sebesar 7,27 mm adalah larva *S. litura* yang dipelihara pada suhu 27,5°C (kontrol), kemudian pada larva *S. litura* yang diberi perlakuan, rerata panjang tubuh larva *S. litura* menurun

atau lebih kecil dari pada larva *S. litura* pada suhu kontrol. Rerata panjang tubuh larva *S. litura* yang diberi perlakuan mulai dari 28°C, 30°C, 32°C, 34°C dan 36°C, mengalami penurunan dengan rerata pertambahan panjang secara berurutan sebesar 4,50 mm, 4,13 mm, 3,00 mm, 1,77 mm, dan 1,70 mm .

Hasil uji ANOVA yang signifikan dilanjutkan dengan uji *Post hoc* Duncan untuk mengetahui perbedaan pengaruh antara tiap perlakuan terhadap pertambahan panjang larva *S. litura*. Hasil uji Duncan yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 berupa notasi (a,b) memperlihatkan bahwa K (27,5°C) berbeda secara signifikan dalam mempengaruhi pertambahan panjang larva *S. litura* dengan ke-5 perlakuan yang diberikan kepada larva *S. litura*. Hal ini dibuktikan dengan adanya perbedaan rerata pertambahan panjang tubuh larva *S. litura* yang cukup besar antara larva *S. litura* yang dipelihara pada suhu kontrol dengan larva *S. litura* yang diberi perlakuan. Hasil yang berbeda terlihat pada larva *S. litura* yang dipelihara pada P1 (28°C) dan P2 (30°C) yang menunjukkan bahwa P1 (28°C) berbeda secara tidak signifikan dengan P2 (30°C) dalam mempengaruhi pertambahan panjang larva *S. litura* karena rerata pertambahan panjang larva *S. litura* yang diberi kedua perlakuan tersebut tidak jauh berbeda atau memiliki selisih rerata yang kecil yaitu sebesar 0,37 mm. Perbedaan pengaruh yang tidak signifikan terhadap pertambahan panjang tubuh larva *S. litura* pun ditunjukkan oleh larva *S. litura* yang dipelihara pada P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C).

Penurunan pertumbuhan yang terjadi terhadap pertambahan panjang terjadi karena adanya pengaruh suhu dan kelembapan ruang pemeliharaan. Setiap makhluk hidup memiliki proses regulasi tubuh untuk menjaga keseimbangan keadaan fisiologis tubuhnya. Suhu dan kelembapan erat kaitannya dengan metabolisme tubuh karena metabolisme tubuh melibatkan kerja enzim sebagai biokatalisator dalam setiap reaksi metabolisme yang terjadi di dalam tubuh. Enzim sebagai biokatalisator ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah suhu lingkungan. Pada umumnya, enzim akan bekerja semakin cepat meningkatkan laju reaksi metabolisme

tubuh seiring dengan peningkatan suhu lingkungan hingga suhu optimum, kemudian akan menurunkan kecepatan reaksi metabolisme saat lingkungan memiliki suhu lebih tinggi dari suhu optimum. Peningkatan laju reaksi metabolisme mempengaruhi laju pertumbuhan yang dapat diukur melalui parameter pertambahan panjang tubuh larva *S.litura*. Peningkatan laju reaksi metabolisme tubuh ini akan meningkatkan laju pertumbuhan pada tubuh serangga. Namun, laju pertumbuhan yang dipercepat dengan adanya kenaikan suhu lingkungan berpengaruh secara berlawanan dengan ukuran tubuh dari serangga. Sebagaimana hasil penelitian yang dilakukan oleh Masaki dan Wipking (dalam Danks, 1994:9-12) yang menunjukkan bahwa dengan adanya kenaikan suhu lingkungan yang mengakibatkan semakin cepatnya perkembangan suatu serangga, maka individu yang dihasilkan akan semakin kecil.

Metabolisme tubuh serangga dalam masa pertumbuhan dan perkembangan tidak lepas dari peran hormon pertumbuhan dan perkembangan serangga yaitu hormon ecdison (*Ecdysone hormone*) dan hormon juvenil (*Juvenile hormone*). Hormon ecdison berfungsi untuk menginisiasi terjadinya pertumbuhan dan terjadinya *molting* atau ekdisis, sedangkan hormon juvenil berfungsi untuk mempertahankan karakteristik dan struktur juvenil (serangga muda). Hormon juvenil harus dipertahankan dalam konsentrasi yang tinggi dalam tubuh serangga agar bentuk serangga dalam fase larva tetap sama setelah mengalami *molting*. Hormon juvenil juga berperan dalam pengaturan lama perkembangan melalui regulasi sintesis hormon ecdison pada tubuh serangga. Namun, hormon juvenil ini dipengaruhi oleh kerja suatu enzim yang disebut *Juvenile hormone esterase (JH esterase)* dan *Juvenile hormon epoxide hydrolase (JHEH)* yang mampu mendegradasi hormon juvenil (Hammock, 1985; Khlebodarova *et al.*, 1996, dalam Gruntenko *et al.*, 2010: 891).

Enzim *JH esterase* dan *JH-epoxide hydrolase* berfungsi dalam mendegradasi hormon juvenil, sehingga pengurangan konsentrasi hormon juvenil dalam tubuh serangga akan memicu cepatnya serangga mengalami metamorfosis atau perubahan bentuk tubuh serangga. Singkatnya waktu yang dibutuhkan serangga untuk tumbuh dan berkembang akan menyebabkan terjadinya metamorfosis secara prematur yang

berakibat pada ukuran tubuh serangga yang kecil. Konsentrasi JH *esterase* dan JH-*epoxide hydrolase* dalam tubuh serangga sangat dipengaruhi oleh kelimpahan nutrisi yang tersedia untuk serangga. Konsentrasi dan aktivitas enzim JH *esterase* dan JH-*epoxide hydrolase* akan semakin menurun saat serangga mengalami kelaparan. Namun, faktor pengatur ukuran tubuh tidak hanya dipengaruhi oleh aktivitas hormon Juvenil, enzim JH *esterase* dan JH-*epoxide hydrolase*, hormon *insulin-like (neurosecretory)* pun berpengaruh besar dalam penentuan ukuran tubuh serangga Lepidoptera terkait dengan keadaan nutrisi yang tersedia bagi serangga tersebut (Koyama *et al.*, 2014: 3).

Nutrisi makanan dalam kubis putih (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) segar terdiri atas air, protein, lemak, karbohidrat, serat, mineral dan vitamin. Tubuh serangga layaknya hewan lainnya, membutuhkan energi untuk setiap metabolisme di dalam tubuhnya. Karbohidrat merupakan sumber energi utama dalam proses oksidasi untuk produksi energi, sedangkan lemak dan protein merupakan energi cadangan. Pada larva Noctuidae, glukosa sebagai bentuk molekul monosakarida dari karbohidrat yang diserap melalui proses pencernaan akan mengalami peningkatan konsentrasi di dalam darah dalam waktu 15 menit setelah makan. Selanjutnya, glukosa akan disimpan dalam bentuk glikogen di dalam lemak tubuh serangga, kitin dari kutikula atau jaringan ikat dan membran basal tubuh serangga. Adapun protein akan disimpan dalam lemak tubuh melalui proses deaminasi terlebih dahulu atau diubah menjadi karbohidrat atau lemak yang digunakan untuk produksi energi, sedangkan lemak akan diubah menjadi karbohidrat terlebih dahulu di dalam tubuh serangga Lepidoptera (Metcalf dan Flint, 1979: 99 – 102). Dalam proses produksi energi, protein dalam bentuk asam amino – asam amino akan diubah menjadi asam α -ketoglutarat yang nantinya akan masuk ke dalam siklus asam sitrat atau siklus Krebs, sedangkan asam lemak sebagai bentuk terkecil dari lemak akan masuk ke dalam tahapan respirasi melalui perubahan struktur menjadi asetil Ko-A yang selanjutnya dapat masuk ke dalam siklus asam sitrat atau siklus Krebs.

Dalam penelitian yang telah dilakukan, nutrisi makanan berupa daun kubis putih (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) diberikan kepada larva *S. litura* dalam jumlah yang terbatas dan berukuran sama pada setiap larva dalam setiap perlakuan. Terbatasnya jumlah makanan tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan larva terkait dengan fungsi hormon insulin dalam tubuh serangga. Nutrisi yang tersedia dalam jumlah yang terbatas menyebabkan insulin dalam tubuh serangga merangsang percepatan tercapainya titik “*critical size*” bagi pertumbuhan serangga sehingga menghasilkan serangga yang bertubuh kecil (Koyama *et al.*, 2014: 3). Adapun reaksi metabolisme khususnya reaksi oksidasi untuk memperoleh energi membutuhkan bahan berupa glukosa, lemak, dan protein ini dibantu oleh kerja enzim. Enzim sebagai biokatalisator sangat dipengaruhi oleh keadaan suhu. Kerja enzim dalam tubuh serangga akan semakin cepat saat lingkungan mengalami kenaikan suhu karena suhu tubuh serangga sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Kenaikan suhu lingkungan yang berpengaruh terhadap tubuh serangga ini akan meningkatkan metabolisme secara terus – menerus, sehingga dapat menyebabkan cadangan makanan di dalam tubuh serangga habis, sehingga pada suhu yang sangat tinggi serangga tidak mampu bertahan hidup. Ketidakmampuan serangga untuk bertahan hidup di suhu lingkungan yang tinggi diperkirakan karena adanya ketidakseimbangan antara kecepatan metabolisme yang terjadi di dalam tubuh yang diduga menghasilkan beberapa produk sekunder dengan pengeluaran (ekskresi) produk sekunder tersebut dari dalam tubuh serangga.

Selain aktivitas hormon dan enzim dalam tubuh serangga, suhu berpengaruh pula pada ukuran tubuh serangga terkait dengan proses pelepasan panas tubuh yang diikuti dengan proses pelepasan cairan tubuh (evaporasi). Konsentrasi air dalam tubuh serangga berpengaruh pada keberadaan lemak tubuh serangga, sehingga ukuran tubuh serangga sebagian besar ditentukan oleh kandungan air di dalam tubuh (Wigglesworth, 1972: 664). Sebesar 50 – 90% berat tubuh serangga adalah air, sehingga semakin banyak kandungan air di dalam tubuh maka ukuran tubuh serangga akan semakin panjang dan besar. Namun, keadaan suhu yang cukup tinggi (panas)

berakibat pada menurunnya kelembapan udara yang selanjutnya menginisiasi pelepasan cairan tubuh (evaporasi) guna mendinginkan tubuh larva. Suhu lingkungan yang tinggi meningkatkan permeabilitas kutikula terhadap air, sehingga semakin tinggi suhu maka air dalam tubuh akan semakin banyak yang dilepas melalui proses evaporasi. Selain itu, peningkatan metabolisme tubuh karena kenaikan suhu lingkungan juga berakibat pada peningkatan evaporasi. Evaporasi air dari seekor hewan memberi efek pendinginan yang signifikan pada permukaan hewan tersebut. Pelepasan cairan tubuh ini berpengaruh terhadap ukuran tubuh larva *S. litura*, mengingat bahwa sebagian besar tubuh makhluk hidup tersusun atas cairan. Kehilangan cairan melalui proses evaporasi ini dilakukan untuk mentolerir suhu panas ruang pemeliharaan selama penelitian, namun berakibat pada semakin kecilnya ukuran tubuh larva *S. litura*.

b. Pengaruh Suhu terhadap Pertambahan Berat Tubuh *Spodoptera litura* F.

Hasil analisis data pertambahan berat tubuh larva *S. litura* pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa pertambahan berat larva *S. litura* pada tiap-tiap suhu pemeliharaan menunjukkan perbedaan rerata pertambahan berat (mg).

Larva *S. litura* yang dipelihara pada suhu ruang (inkubator) yang berbeda menunjukkan perbedaan pertambahan berat (mg) pada masing-masing suhu pemeliharaan. Larva *S. litura* yang memiliki rerata pertambahan berat terbesar ($0,06 \pm 0,04$) adalah larva *S. litura* yang dipelihara pada K ($27,5^{\circ}\text{C}$), kemudian diikuti oleh larva *S. litura* yang dipelihara pada P1 (28°C), P2 (30°C), P3 (32°C), P4 (34°C) dan P5 (36°C) dengan rerata pertambahan berat tubuh yang semakin menurun, yaitu $0,04 \pm 0,04$ mg, $0,03 \pm 0,05$ mg, $0,02 \pm 0,05$ mg, $0,01 \pm 0,04$ mg, dan $0,01 \pm 0,05$ mg. Adanya pengaruh perlakuan berupa perbedaan suhu pemeliharaan terhadap berat tubuh larva *S. litura* dibuktikan dengan hasil uji ANOVA pada Tabel 4.5.

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan berupa perbedaan suhu pemeliharaan berpengaruh sangat signifikan ($p=0,007$; $F=3,295$) terhadap pertambahan berat tubuh larva *S. litura*. Hasil uji yang signifikan ini ditunjukkan

melalui besarnya rerata pertambahan berat larva *S. litura* pada tiap perlakuan yang semakin menurun seiring dengan kenaikan suhu pemeliharaan. Rerata pertambahan berat larva *S. litura* instar II sampai instar V diperlihatkan pada Tabel 4.4 yang menunjukkan bahwa rerata tertinggi untuk pertambahan berat sebesar 0,06 mg adalah larva *S. litura* yang dipelihara pada suhu 27,5°C (kontrol), kemudian pada larva *S. litura* yang diberi perlakuan, rerata berat tubuh larva *S. litura* menurun atau lebih kecil dari pada larva *S. litura* pada suhu kontrol (27,5°C). Rerata berat tubuh larva *S. litura* yang diberi perlakuan mulai dari P1 (28°C), P2 (30°C), P3 (32°C), P4 (34°C) sampai dengan P5 (36°C) mengalami penurunan dengan pertambahan berat secara berurutan sebesar 0,04 mg, 0,03 mg, 0,02 mg, 0,01 mg, dan 0,01 mg. Hasil ini memiliki kesamaan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Masaki dan Wipking (dalam Danks, 1994:9-12) yang menunjukkan bahwa dengan adanya kenaikan suhu lingkungan yang mengakibatkan semakin cepatnya perkembangan suatu serangga, maka individu yang dihasilkan akan semakin kecil.

Hasil uji ANOVA yang signifikan dilanjutkan dengan uji *Post hoc* Duncan untuk mengetahui perbedaan pengaruh antara tiap suhu perlakuan terhadap berat larva *S. litura*. Hasil uji Duncan yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 dalam bentuk notasi (a, b) yang memperlihatkan bahwa K (27,5°C) berbeda secara signifikan dengan P3, P4, dan P5 dalam mempengaruhi pertambahan berat larva *S. litura*. Hal ini dibuktikan dengan adanya perbedaan rerata pertambahan berat tubuh larva *S. litura* yang cukup besar antara larva *S. litura* yang dipelihara pada suhu kontrol (K) dengan larva *S. litura* yang dipelihara pada P3, P4, dan P5. Namun, hasil yang berbeda terlihat pada larva *S. litura* yang dipelihara pada P1 (28°C) dan P2 (30°C) yang menunjukkan bahwa pemeliharaan larva pada K (27,5°C) berbeda secara tidak signifikan dengan P1 dan P2 dalam mempengaruhi pertambahan berat larva *S. litura*. Perbedaan pengaruh yang tidak signifikan terhadap pertambahan berat tubuh larva *S. litura* pun ditunjukkan oleh larva *S. litura* yang dipelihara pada P1 (28°C), P2 (30°C), P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C).

Penurunan pertumbuhan pada parameter berat tubuh larva *S. litura* berkaitan dengan penurunan pertumbuhan yang terjadi pada parameter panjang tubuh larva. Secara fisiologis, setiap metabolisme yang terjadi di dalam tubuh makhluk hidup dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal (lingkungan). Setiap metabolisme yang terjadi di dalam tubuh larva *S. litura* memiliki pengaruh terhadap keadaan tubuh larva tersebut, salah satunya terukur dari berat tubuh larva tersebut. Ukuran tubuh larva dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ukuran kritis "*critical weight*" yang ditentukan oleh hormon insulin.

Ukuran kritis atau *critical weight* seekor hewan dipengaruhi oleh nutrisi yang diperoleh hewan tersebut. Saat nutrisi yang tersedia melimpah, maka hormon insulin (*neurosecretory*) akan meningkatkan titik kritis pertumbuhan (*critical weight*) dari serangga, namun bila nutrisi yang tersedia sangat terbatas, maka *insulin-like* akan menurunkan titik kritis pertumbuhan (*critical weight*) dari serangga (Koyama *et al.*, 2014: 4).

Dalam penelitian yang telah dilakukan, nutrisi makanan berupa daun kubis putih (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) diberikan kepada larva *S. litura* dalam jumlah yang terbatas dan berukuran sama pada setiap larva dalam setiap perlakuan. Terbatasnya jumlah makanan tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan larva terkait dengan fungsi hormon insulin dalam tubuh serangga. Nutrisi yang tersedia dalam jumlah yang terbatas menyebabkan insulin dalam tubuh serangga merangsang percepatan tercapainya titik "*critical size*" bagi pertumbuhan serangga sehingga menghasilkan serangga yang bertubuh kecil.

Penurunan titik kritis pertumbuhan mengakibatkan tercapainya titik kritis pertumbuhan (*critical weight*) serangga dalam waktu yang relatif lebih cepat. Pada tahap pencapaian titik kritis pertumbuhan, kandungan hormon juvenil akan berkurang. Jika hormon juvenil dalam tubuh serangga berkurang secara cepat maka pertumbuhan yang terjadi pada tubuh serangga bukanlah pertumbuhan maksimal karena larva akan memiliki waktu yang singkat untuk mempertahankan karakteristik

juvenil (serangga muda) yang aktif memakan makanannya sehingga menghasilkan serangga bertubuh lebih kecil.

Pengurangan hormon juvenil dalam tubuh serangga dipengaruhi oleh aktivitas JH esterase dan JH-*epoxide hydrolase* yang mampu mendegradasi hormon juvenil (Hammock, 1985; Khlebodarova *et al.*, 1996, dalam Gruntenko *et al.*, 2010: 891). Setiap enzim memiliki sifat peka terhadap perubahan suhu lingkungan. Semakin tinggi suhu lingkungan, maka kerja enzim akan semakin cepat hingga batas maksimumnya. Pada penelitian ini, pemberian perlakuan berupa perbedaan suhu ruang pemeliharaan pasti memberi pengaruh terhadap kecepatan aktivitas enzim-enzim yang terlibat dalam metabolisme larva *S. litura*.

Kecepatan aktivitas enzim JH esterase dalam mendegradasi hormon juvenil berakibat pada singkatnya waktu yang dimiliki oleh larva dalam mempertahankan struktur juvenil (serangga muda) karena hormon juvenil yang ada di dalam tubuh larva berkurang semakin cepat.

Waktu tercapainya titik kritis pertumbuhan (*critical weight*) bagi larva tidak hanya menjadi regulator sintesis hormon juvenil dalam tubuh larva, tetapi juga menjadi regulator untuk produksi hormon ekdison. Saat titik kritis pertumbuhan (*critical weight*) tercapai, insulin melalui *insulin-like growth factor signaling (IIS)/Target of Rapamycin (TOR) pathways* akan merangsang biosintesis kelenjar prothoraks untuk mensintesis hormon ekdison (Grewal, 2009, dalam Koyama *et al.*, 2014: 2). Aktivitas *IIS/TOR pathways* dipengaruhi oleh enzim fosfokinase yang mampu memfosforilasi regulator yang berlawanan dengan regulator pertumbuhan, sehingga aktivitas *IIS/TOR pathways* akan meningkat. Peningkatan aktivitas *IIS/TOR pathways* terhadap kelenjar prothorax akan menyebabkan biosintesis hormon ekdison terlalu cepat, metamorfosis terlalu cepat dan penurunan ukuran tubuh serangga. Hal ini yang menyebabkan penambahan berat pada suhu yang lebih tinggi lebih kecil dan semakin menurun seiring dengan peningkatan suhu pemeliharaan.

Selain aktivitas hormon dan enzim dalam tubuh serangga, suhu berpengaruh pula pada ukuran tubuh serangga terkait dengan konsentrasi air dalam tubuh

serangga. Sebesar 50 – 90% berat tubuh serangga adalah air. Konsentrasi air dalam tubuh serangga berpengaruh pada keberadaan lemak tubuh serangga, sehingga ukuran tubuh serangga sebagian besar ditentukan oleh kandungan air di dalam tubuh., sehingga semakin banyak kandungan air di dalam tubuh maka lemak tubuh akan semakin banyak, ukuran tubuh serangga akan semakin besar sehingga tubuh serangga akan semakin berat. Namun, keadaan suhu yang cukup tinggi (panas) berakibat pada menurunnya kelembapan udara yang selanjutnya menginisiasi pelepasan cairan tubuh (evaporasi) guna mendinginkan tubuh. Suhu lingkungan yang tinggi meningkatkan permeabilitas kutikula terhadap air, sehingga semakin tinggi suhu maka air dalam tubuh akan semakin banyak yang dilepas melalui proses evaporasi. Selain itu, peningkatan metabolisme tubuh karena kenaikan suhu lingkungan juga berakibat pada peningkatan evaporasi. Evaporasi air dari seekor hewan memberi efek pendinginan yang signifikan pada permukaan hewan tersebut. Proses pelepasan panas tubuh yang diikuti dengan proses pelepasan cairan tubuh (evaporasi). Penurunan pertumbuhan yang terjadi dari parameter berat terjadi karena pengaruh suhu dan kelembapan ruang pemeliharaan karena berpengaruh terhadap konsentrasi air dalam tubuh serangga. Kehilangan cairan melalui proses evaporasi ini dilakukan untuk mentolerir suhu panas ruang pemeliharaan selama penelitian, namun berakibat pada semakin kecilnya ukuran tubuh larva *S. litura*.

Setiap makhluk hidup memiliki proses homeostasis untuk menjaga keseimbangan keadaan fisiologis tubuhnya. Suhu dan kelembapan erat kaitannya dengan metabolisme tubuh terutama karena metabolisme tubuh melibatkan kerja enzim sebagai biokatalisator dalam setiap reaksi metabolisme yang terjadi di dalam tubuh. Selain itu, suhu dan kelembapan ini berpengaruh pula pada proses pelepasan panas tubuh yang diikuti dengan proses pelepasan cairan tubuh (evaporasi). Evaporasi dari seekor hewan memberi efek pendinginan yang signifikan pada permukaan hewan tersebut. Namun, pelepasan cairan tubuh ini berpengaruh terhadap berat tubuh larva *S. litura*, mengingat bahwa sebagian besar tubuh makhluk hidup tersusun atas cairan, baik cairan intraseluler maupun ekstraseluler. Kehilangan cairan melalui proses

evaporasi ini dilakukan untuk mentolerir suhu panas ruang pemeliharaan selama penelitian karena air yang digunakan untuk membasahi dinding inkubator pun mengalami penguapan dan keluar dari inkubator melalui lubang udara yang ada pada bagian atas inkubator.

Respons larva *S. litura* terhadap naiknya suhu pada perlakuan yang diberikan terlihat pula dari perilaku larva *S. litura* yang cenderung bersembunyi di bawah permukaan daun kubis yang diberikan sebagai pakan, bahkan ada beberapa larva *S. litura* yang sembunyi di bawah kertas *milimeter block* yang digunakan sebagai alat ukur pertambahan berat tubuh larva *S. litura* yang diletakkan di bawah daun kubis. Perilaku bersembunyi di bawah daun kubis merupakan salah satu perilaku bawaan dari larva *S. litura* yang memakan daun tumbuhan sebagai pakannya dari permukaan bawah daun. Selain itu, sembunyi di bawah permukaan daun kubis yang menjadi pakannya mampu melindungi tubuh larva *S. litura* dari panas lampu pijar secara langsung. Meskipun demikian, suhu ruang pemeliharaan yang panas atau cukup tinggi bagi larva *S. litura* tetap tidak dapat dihindari karena inkubator berada dalam keadaan tertutup sehingga sirkulasi udara hanya dapat terjadi melalui lubang udara yang telah disediakan.

Kenaikan suhu yang terjadi secara terus – menerus dapat menyebabkan terjadinya metabolisme tubuh yang berlangsung terus-menerus hingga cadangan makanan yang disimpan. Selain itu, kenaikan suhu ini diduga menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan antara berlangsungnya metabolisme dengan pengeluaran produk sekunder yang dihasilkan melalui metabolisme tersebut. Pelepasan air atau evaporasi yang terlalu banyak pun dapat menyebabkan larva *S. litura* tidak mampu bertahan hidup di dalam ruang pemeliharaan selama penelitian. Hal ini terjadi pada beberapa larva *S. litura* di tiap-tiap perlakuan yang diberikan. Informasi mengenai jumlah larva *S. litura* yang mampu bertahan hidup selama diberi perlakuan hingga menyelesaikan fase larvanya ditunjukkan pada Tabel 4.6 mengenai mortalitas larva *S. litura* .

Mortalitas paling besar adalah pada K (27,5°C) yaitu sebanyak 30 individu atau sebesar 100% dari jumlah awal sebanyak 30 individu larva *S. litura*. Sedangkan, larva *S. litura* yang dipelihara pada P1 (28°C) memiliki jumlah larva *S. litura* yang mampu bertahan hingga instar V paling sedikit yaitu sebanyak 24 individu atau sebesar 80% dari jumlah awal individu larva *S. litura*. Pada P2 (30°C), larva *S. litura* yang mampu bertahan dan berkembang hingga fase instar V sebanyak 27 individu atau sebesar 90% individu dari jumlah awal. Pada P3 (32), P4 (34°C), dan P5 (36°C), larva *S. litura* yang mampu bertahan dan berkembang hingga fase instar V berjumlah sama dan lebih banyak dari pada larva *S. litura* yang dipelihara pada P1 dan P2, yaitu 29 larva *S. litura* atau sebesar 97% dari jumlah larva *S. litura* pada awal penelitian. Jumlah akhir larva *S. litura* ditentukan dari banyaknya jumlah larva *S. litura* yang mampu menyelesaikan fase larvanya hingga menjadi larva *S. litura* instar V. Hal ini menjelaskan bahwa pada suhu kontrol (27,5°C) yang sesuai dengan suhu lingkungan, larva *S. litura* dapat tumbuh dengan sangat baik sehingga jumlah larva *S. litura* yang mampu menyelesaikan pertumbuhannya hingga larva *S. litura* instar V lebih banyak bila dibandingkan dengan larva *S. litura*-larva *S. litura* yang diberi perlakuan. Sedangkan pada larva *S. litura* yang diberi perlakuan, larva *S. litura* yang dipelihara pada P1 (28°C), suhu yang mendekati suhu lingkungan memiliki mortalitas terendah sebesar 80% atau hanya 24 larva *S. litura* saja yang mampu menyelesaikan fase larvanya hingga instar V. Kemudian nilai mortalitas meningkat seiring dengan semakin tingginya suhu perlakuan hingga akhirnya memiliki nilai yang tetap pada mortalitas larva yang dipelihara pada P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C) sebesar 97%. Perbedaan jumlah larva *S. litura* yang mampu berkembang hingga menjadi larva *S. litura* instar V ini terjadi karena dipengaruhi oleh kecepatan perkembangan dari masing-masing larva *S. litura* pada tiap perlakuan.

4.2.2 Pengaruh Suhu terhadap Perkembangan Larva *Spodoptera litura* F.

Kecepatan perkembangan yang dialami larva *S. litura* dari instar II hingga menjadi instar V pada tiap-tiap perlakuan menunjukkan perbedaan kecepatan

perkembangan (1/hari). Hasil analisis pada Tabel 4.7 mengenai rerata lama perkembangan larva *S. litura* menunjukkan bahwa pada larva *S. litura* yang dipelihara pada P1 (28°C), rerata lama perkembangan pada tiap instar lebih lama bila dibandingkan dengan larva *S. litura* yang dipelihara pada K (27,5°C), P2 (30°C), P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C). Larva *S. litura* yang dipelihara pada suhu kontrol memiliki rerata lama perkembangan yang lebih cepat bila dibandingkan dengan rerata lama perkembangan larva *S. litura* yang dipelihara pada suhu 28°C dan 30°C. Rerata lama perkembangan menurun seiring bertambah tingginya suhu perlakuan yang diberikan pada larva *S. litura*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pemeliharaan, waktu yang dibutuhkan oleh larva *S. litura* untuk mencapai fase instar V semakin cepat.

Rerata lama perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar dari instar II sampai instar V selanjutnya dapat dilengkapi dengan data rerata lama perkembangan *S. litura* pada tiap fase dari telur hingga pupa dari sumber sekunder, sehingga diperoleh rerata lama perkembangan yang diperlukan oleh *S. litura* untuk menyelesaikan siklus hidupnya. Adapun rerata lama perkembangan (hari) yang dibutuhkan *S. litura* dalam setiap fase perkembangannya dari telur hingga pupa ditampilkan pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Rerata lama perkembangan (hari) tiap fase *S. litura*

Fase	Rerata lama perkembangan (hari) tiap perlakuan					
	K (27,5°C)	P1 (28°C)	P2 (30°C)	P3 (32°C)	P4 (34°C)	P5 (36°C)
Telur	3,67*	3,56*	2,90 ± 0,1**	2,91*	2,67*	2,46*
Instar I	3,06*	3,30*	2,00 ± 0,0**	2,35*	2,14*	2,00*
Instar II	3,70 ± 0,91	4,93 ± 1,17	3,87 ± 1,16	3,30 ± 0,53	3,43 ± 0,56	3,33 ± 0,67
Instar III	3,70 ± 0,70	3,63 ± 0,10	3,93 ± 0,63	3,40 ± 0,81	3,17 ± 0,70	3,17 ± 0,70
Instar IV	3,27 ± 0,70	3,50 ± 1,10	3,37 ± 0,10	2,90 ± 0,71	2,67 ± 0,75	2,70 ± 0,53
Instar V	3,50 ± 0,86	2,95 ± 1,16	2,85 ± 0,99	2,72 ± 1,09	2,90 ± 1,08	2,86 ± 0,79
Pupa	19,57*	9,75*	8,83*	8,05*	7,41*	6,86*
Total	40,47	31,62	27,75	25,63	24,39	23,38

Keterangan: *) Miyashita, K. 1971 : 108. **) Rao, et al. 1989: 549.

Tabel 4.8 menunjukkan lama waktu (hari) yang diperlukan oleh *S. litura* untuk berkembang dari setiap fase hidupnya. Rerata waktu perkembangan pada fase telur, instar I dan pupa diperoleh dari data sekunder hasil penelitian Miyasitha (1971: 108) dan Rao *et al.*, (1989: 549) karena dalam penelitian ini pengukuran waktu perkembangan dilakukan untuk larva *S. litura* dari fase instar II hingga menjadi instar V. Berdasarkan nilai total waktu perkembangan dalam siklus hidup *S. litura*, *S. litura* yang dipelihara pada suhu 27,5°C membutuhkan waktu yang paling lama yaitu 40,47 hari untuk berkembang dari telur hingga menjadi imago, sedangkan *S. litura* yang dipelihara pada suhu yang paling tinggi yaitu 36°C membutuhkan waktu yang lebih singkat yaitu 23,38 hari untuk berkembang menjadi imago. Perkembangan *S. litura* semakin cepat seiring dengan kenaikan suhu lingkungannya. Hal ini ditunjukkan dengan semakin singkatnya waktu perkembangan yang dibutuhkan oleh *S. litura* untuk berkembang menjadi imago, yaitu pada P1 (28°C) selama 31,62 hari, P2 (30°C) selama 27,75 hari, P3 (32°C) selama 26,53, P4 (34°C) selama 24,39, dan P5 (36°C) selama 23,38 hari.

Dari tabel tersebut, dapat diketahui bahwa *S. litura* yang dipelihara pada suhu yang rendah membutuhkan waktu yang lebih lama dari pada *S. litura* yang dipelihara pada suhu yang lebih tinggi. Adapun rerata lama perkembangan (hari) yang dibutuhkan oleh *S. litura* untuk menyelesaikan siklus hidupnya dari telur hingga menjadi imago pada setiap perlakuan secara berturut-turut, yaitu *S. litura* yang dipelihara pada K (27,5°C) membutuhkan waktu selama 40,47 hari, P1 (28°C) selama 31,62 hari, P2 (30°C) selama 27,75 hari, P3 (32°C) selama 25,63 hari, P4 (34°C) selama 24,39 hari, dan P5 (36°C) selama 23,38 hari.

Pengaruh suhu terhadap perkembangan larva *S. litura* dibuktikan dengan hasil uji ANOVA perlakuan berupa perbedaan suhu pemeliharaan terhadap lama perkembangan larva *S. litura* pada Tabel 4.8.

Uji Anova perlakuan dilakukan dengan peubah (*covariate*) berupa instar (II–V) terhadap lama perkembangan larva *S. litura* dan menggunakan taraf signifikansi 5%. Hasil analisis Anova dalam Tabel 4.8 menunjukkan bahwa perlakuan berupa

perbedaan suhu pemeliharaan berpengaruh sangat signifikan ($p=0,000$; $F=9,123$) terhadap lama perkembangan larva *S. litura*. Berdasarkan angka signifikansi untuk peubah (*covariate*) instar, maka dapat diketahui bahwa secara simultan, instar berpengaruh sangat signifikan ($p=0,000$; $F=163,859$) terhadap lama perkembangan larva *S. litura*. Adapun nilai signifikansi dari model dikoreksi antara perlakuan dan instar, maka dapat diketahui bahwa secara simultan instar dan perlakuan berpengaruh secara signifikan ($p=0,000$; $F=36,288$) terhadap lama perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar. Berdasarkan hasil uji Anova tersebut, maka analisis dilanjutkan dengan uji *Post hoc* Duncan. Hasil uji *Post hoc* Duncan dapat dilihat pada Tabel 4.7 melalui notasi (a, b, c, dan d) pada nilai rerata lama perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar.

Berdasarkan hasil uji *Duncan* pada Tabel 4.7, dapat diketahui bahwa rerata lama perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar memiliki empat notasi yang berbeda yaitu a, b, c, dan d. Rerata lama perkembangan larva *S. litura* yang dipelihara pada K ($27,5^{\circ}\text{C}$) sebesar $3,24^{bc}$ hari menunjukkan bahwa K berbeda secara signifikan dalam mempengaruhi lama perkembangan larva *S. litura* dengan P1 (28°C) dan P5 (36°C) yang memiliki rerata lama perkembangan selama $3,64^d$ hari dan $2,93^a$ hari. Namun, pemeliharaan larva pada K berbeda secara tidak signifikan dengan P2 (30°C), P3 (32°C) dan P4 (34°C) dalam mempengaruhi lama perkembangan larva *S. litura* karena memiliki salah satu notasi yang sama. Rerata lama perkembangan pada P2 adalah sebesar $3,41^{cd}$ hari, P3 sebesar $3,02^{ab}$ hari, P4 sebesar $3,00^{ab}$. Adapun P1 (28°C) berbeda secara tidak signifikan dalam mempengaruhi lama perkembangan larva *S. litura* dengan P2 (30°C), tetapi P1 dan P2 berbeda secara signifikan dengan P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C) dalam mempengaruhi lama perkembangan larva. Adapun antara P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C) berbeda secara tidak signifikan dalam mempengaruhi lama perkembangan larva *S. litura*.

Waktu yang diperlukan larva *S. litura* untuk berkembang pada tiap instar dari instar II hingga menjadi instar V pada P5 (36°C) lebih singkat yaitu selama 2,93 hari

dari pada waktu yang diperlukan oleh larva *S. litura* yang dipelihara pada suhu kontrol (27,5°C) yang membutuhkan waktu selama 3,24 hari. Perbedaan pengaruh yang signifikan terhadap lama perkembangan larva *S. litura* pun diperlihatkan antara larva yang dipelihara pada P2 (30°C) dengan larva yang dipelihara pada P3 (32°C), P4 (34°C), dan P5 (36°C) yang menunjukkan bahwa, waktu yang diperlukan larva *S. litura* untuk berkembang pada suhu 30°C lebih lama dibandingkan dengan larva *S. litura* yang dipelihara pada suhu lebih tinggi dari 30°C. P2 (30°C) berbeda secara tidak signifikan dengan P1 (28°C) dalam mempengaruhi lama perkembangan larva *S. litura* meskipun pemeliharaan larva *S. litura* pada suhu 28°C memperlihatkan bahwa larva *S. litura* membutuhkan waktu yang lebih lama untuk berkembang dari instar II menjadi instar V. Hasil uji menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu ruang atau suhu lingkungan larva *S. litura*, maka perkembangan larva *S. litura* ke tahap atau fase selanjutnya semakin cepat meskipun pada tiap perbedaan suhu sebesar 2°C menunjukkan perbedaan pengaruh yang tidak signifikan.

Perbedaan lama perkembangan larva *S. litura* terjadi karena pengaruh suhu ruang pemeliharaan. Lama perkembangan serangga ditentukan oleh kecepatan metabolisme yang terjadi di dalam tubuh serangga tersebut. Metabolisme dalam tubuh larva *S. litura* selama pemeliharaan mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan suhu. Peningkatan metabolisme yang terjadi di dalam tubuh larva ditentukan oleh seberapa cepat terjadinya reaksi-reaksi metabolisme dalam tubuh larva tersebut. Kecepatan reaksi metabolisme dalam tubuh larva tidak lepas dari pengaruh hormon dan enzim yang berperan dalam perkembangan tubuh larva.

Perkembangan larva yang ditandai dengan berubahnya fase larva dari larva instar II hingga menjadi instar V ditentukan oleh kerja tiga hormon penting dalam perkembangan serangga, yaitu hormon juvenil, *prothoracicotropic hormone* (PTTH) dan hormon ecdison. Hormon juvenil dipertahankan dalam konsentrasi tinggi untuk mempertahankan struktur juvenil (larva) saat larva mengalami molting, sedangkan PTTH akan merangsang produksi hormon ecdison yang menginisiasi proses molting.

Kerja hormon-hormon tersebut dalam mengatur pertumbuhan dan perkembangan tubuh serangga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti enzim, seperti konsentrasi hormon juvenil dipengaruhi oleh enzim juvenil esterase. Enzim juvenil esterase memiliki kemampuan untuk mendegradasi hormon juvenil, sehingga saat konsentrasi enzim juvenil esterase banyak di dalam tubuh larva, maka hormon juvenil akan terdegradasi sehingga konsentrasi hormon juvenil akan semakin rendah. Kecepatan reaksi degradasi hormon juvenil oleh enzim juvenil esterase yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan tentu berakibat pada lama perkembangan yang dialami oleh larva *S. litura*. Semakin cepat degradasi hormon juvenil, maka larva akan membutuhkan waktu yang semakin singkat untuk menyelesaikan fase larvanya untuk segera berubah menjadi fase pupa. Apabila hormon juvenil memiliki konsentrasi yang sangat rendah, maka serangga akan mengalami perubahan bentuk (metamorfosis) menjadi tahap selanjutnya (pupa atau imago).

Semakin singkat waktu perkembangan larva *S. litura* memperlihatkan semakin meningkatnya kecepatan perkembangan yang terjadi pada larva *S. litura* pada suhu yang lebih tinggi, seperti terlihat pada Gambar 4.3 mengenai grafik kecepatan perkembangan larva *S. litura* yang dibuat berdasarkan data pada Tabel 4.9.

Berdasarkan Gambar 4.3 hasil pengaruh perbedaan suhu terhadap kecepatan perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar dari instar II sampai V diekspresikan berupa persamaan $y = 0,014x - 0,1207$. Interpretasi persamaan tersebut adalah pada setiap kenaikan suhu sebesar 10°C , maka kecepatan perkembangan larva *S. litura* meningkat sebesar 0,02 (1/hari). Jika semakin naiknya suhu ruang pemeliharaan atau lingkungan larva *S. litura* mengakibatkan semakin cepatnya kecepatan perkembangan, maka semakin rendah suhu pemeliharaan ruang pemeliharaan larva *S. litura* mengakibatkan semakin lambatnya kecepatan perkembangan yang akan berpengaruh secara langsung terhadap lama waktu yang dibutuhkan oleh larva *S. litura* untuk mengalami perkembangan. Sehingga dengan persamaan yang sama, *low development threshold* dari larva *S. litura* dapat ditentukan. *Low development threshold* atau batas bawah suhu perkembangan dari larva *S. litura* dihitung saat

tidak terjadi perkembangan ($y = 0$), sehingga berdasarkan persamaan tersebut, *low development threshold* dari larva *S. litura* terjadi pada suhu $8,62^{\circ}\text{C}$.

Pada suhu yang lebih rendah dari *low development threshold* sebesar $8,62^{\circ}\text{C}$, larva *S. litura* dapat mengalami kematian karena adanya gangguan dalam fisiologi tubuh larva, yaitu suhu yang lebih rendah dari suhu minimum perkembangan dapat menyebabkan ketidakmampuan sistem pencernaan untuk menyerap nutrisi yang terkandung di dalam makanan sehingga larva akan mengalami kelaparan dan akhirnya mati. Selain itu, suhu yang sangat rendah dapat menyebabkan terjadinya penumpukan produk beracun yang sebenarnya bisa dinetralisis atau dihilangkan pada suhu normal. Suhu yang sangat rendah dapat pula menyebabkan jaringan di dalam tubuh larva mengalami pembekuan sehingga sel-sel tubuh tidak mampu melakukan fungsinya dengan baik bahkan struktur sel-sel dalam tubuh larva dapat mengalami kerusakan karena mengalami pembekuan (Wigglesworth, 1972: 682-683).

4.2.3 *Physiological time* Ulat Grayak *Spodoptera litura* F.

Besarnya suhu *low development threshold* dari larva *S. litura* digunakan sebagai dasar penentuan *physiological time* dari larva *S. litura* yang dapat digunakan sebagai dasar pengendalian hama terpadu (PHT) terhadap ulat grayak *S. litura*. Waktu yang dibutuhkan oleh *S. litura* untuk menyelesaikan siklus hidupnya ditampilkan dalam Tabel 4.6. Pada suhu yang rendah ($27,5^{\circ}\text{C}$), waktu yang dibutuhkan oleh *S. litura* untuk menyelesaikan siklus hidupnya dari telur hingga imago lebih lama dari pada waktu yang dibutuhkan oleh *S. litura* yang dipelihara pada suhu yang lebih tinggi yaitu, suhu 28°C , 30°C , 32°C , 34°C , dan 36°C . Adapun waktu yang dibutuhkan oleh *S. litura* untuk berkembang dari telur hingga menjadi imago dari suhu $27,5^{\circ}\text{C}$ hingga 36°C secara berturut-turut yaitu pada K ($27,5^{\circ}\text{C}$) selama 40,47 hari, P1 (28°C) selama 31,62 hari, P2 (30°C) selama 27,75 hari, P3 (32°C) selama 26,53, P4 (34°C) selama 24,39, dan P5 (36°C) selama 23,38 hari. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu lingkungan *S. litura*, maka

serangga tersebut akan semakin cepat berkembang atau menyelesaikan siklus hidupnya.

Adapun hasil perhitungan *degree-days* untuk fase larva instar II hingga instar V *S. litura* berdasarkan data suhu maksimum (32°C) dan suhu minimum (21°C) harian di wilayah Jember pada tanggal 22–25 Februari 2015 adalah sebesar 17,9 DD. Sedangkan, nilai *thermal constant* (K) dari larva *S. litura* instar II – V sebesar 71 DD. Nilai *degree-days* (DD) sebesar 17,9 DD menunjukkan bahwa pada rentang waktu tersebut, 17,9 DD dari 71 DD telah terakumulasi. Apabila *degree-days* telah mencapai 71 DD, maka larva *S. litura* berada dalam fase larva instar II yang mulai berkembang hingga menjadi larva instar V, sehingga pada saat itu sebaiknya pengaplikasian insektisida segera dimulai.

Pemanfaatan *physiological time* dalam pengendalian hama dapat dipadukan dengan penggunaan insektisida untuk meningkatkan keefektifan penggunaan insektisida tersebut. Dalam pengendalian hama secara terpadu, beberapa metode pengendalian dipadukan agar pengendalian dapat terlaksana dengan efektif dan efisien. Penghitungan *degree-days* dapat dilakukan sejak ditemukannya telur *S. litura* pada daun tanaman. Dengan demikian, penggunaan *physiological time* (DD) dan *thermal constant* (DD) dapat dijadikan sebagai pendekatan estimasi waktu dimulainya fase larva instar II *S. litura* dan waktu yang tepat untuk pengaplikasian insektisida. Selain itu, data berupa rerata lama perkembangan (hari) yang dibutuhkan oleh *S. litura* untuk menyelesaikan siklus hidupnya dapat digunakan untuk pendekatan dalam memperkirakan waktu yang tepat dimulainya tindakan pengendalian hama.

Pemilihan penentuan *physiological time* (*degree days*) dari *S. litura* pada fase larva *S. litura* karena fase larva merupakan fase paling rentan dari keseluruhan fase dalam metamorfosis serangga, sehingga mampu meningkatkan keefektifan penggunaan insektisida dalam program pengendalian hama *S. litura*.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Perlakuan berupa perbedaan suhu pemeliharaan berpengaruh sangat signifikan ($p=0,005$, $F=3,515$) terhadap pertambahan panjang dan berpengaruh sangat signifikan ($p=0,007$; $F=3,295$) terhadap pertambahan berat larva ulat grayak *S. litura* F. Adapun pengaruh suhu terhadap pertumbuhan larva *S. litura* adalah semakin naiknya suhu pemeliharaan, maka semakin kecil rerata pertambahan panjang dan berat tubuh larva *S. litura* sehingga larva instar V dari larva berukuran semakin kecil.
- 2) Perlakuan berupa perbedaan suhu pemeliharaan berpengaruh sangat signifikan ($p=0,000$; $F=9,123$) terhadap perkembangan larva ulat grayak *S. litura* pada tiap instar. Adapun lama perkembangan larva *S. litura* pada tiap fase dari instar II sampai instar V secara berturut-turut yaitu pada kelompok kontrol ($27,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) membutuhkan 3,24 hari, P1 ($28 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) membutuhkan 3,64 hari, P2 ($30 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) membutuhkan 3,41 hari, P3 ($32 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) membutuhkan 3,02 hari, P4 ($34 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) membutuhkan 3,00 hari, dan P5 ($36 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) membutuhkan 2,93 hari.
- 3) *Physiological time* dari larva *S. litura* yang dihitung berdasarkan nilai *development threshold S. litura* sebesar $8,62^{\circ}\text{C}$ pada suhu harian 22-25 Februari 2015 untuk adalah sebesar 17,9 DD.

5.2 Saran

- 1) Bila akan dilakukan penelitian lanjutan, hendaknya larva *S. litura* diaklimasi dengan penyesuaian pakan berupa pakan yang akan digunakan selama penelitian.
- 2) Bagi peneliti selanjutnya, hendaknya memperhatikan kelembapan dan kebersihan alat-alat penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnason, T., Bjornsson, B., Steinarsson, A., and Oddgeirsson, M. 2009. Effect of Temperature and Body Weight on Growth Rate and Feed Conversion Ratio in Turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 2 (95): 218-225.
- Badan Metereologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2012. *Buku Informasi Perubahan Iklim dan Kualitas Udara di Indonesia*. Jakarta Pusat: BMKG.
- Baehaki. 1992. *Berbagai Hama Serangga Tanaman Padi*. Bandung: Angkasa
- Bailey, L.H., Bailey, E.Z. and Hortotarium, B. L. H. 1976. *Horthus Third: A Concise Dictionary of Plants Cultivated in The United States and Canada*. New York: Macmillan, Inc Publisher.
- Balogh, G. Z. & Pfeiffer, D. G. 1998. Understanding Degree-days and Using Them in Pest Management Decision Making. Department of Entomology: Virginia Tech, Blacksburg, VA 24061-0319. [on line] www.virginiafruit.ento.vt.edu/Understanding_Degree_Days.pdf. [11 Januari 2014].
- CABI/EPPO. 1990. Data Sheets on Quarantine Pest: *Spodoptera littoralis* and *Spodoptera litura*. CAB International and European and Mediterranean Plant Protection Organisation. [on line] [http://www.eppo.org/QUARANTINE/insect/Spodoptera litura/PRODLids.pdf](http://www.eppo.org/QUARANTINE/insect/Spodoptera%20litura/PRODLids.pdf). [11 Januari 2014].
- Campbell, N. A, Reece, J. B., and Mitchell, L. G. 2004. *Biologi*. Edisi ke-5, jilid ke-3. Surabaya: PT. Erlangga.
- Danks, H.V. 1994. *Insect Life Cycle Polymorphism: Theory, Evolution and Ecological Consequences for Seasonality and Diapause Control*. Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- David, B.V and Ananthakrisnan, T. N. 2004. *General and Applied Entomology*. 2nd Edition. New Delhi: McGraw-Hill Publisher.
- Departemen Pertanian. 2010. Pengaruh Iklim pada Perkembangan Hama Ulat Grayak *Spodoptera* sp. pada Padi. [serial on line]. cybex.deptan.go.id/penyuluhan/-pengaruh-iklim-pada-perkembangan-hama-ulat-grayak-spodoptera-sp-pada-padi.html. [19 Januari 2014].

- Fantinou, A. A, Dionyssios, C. P., and Costas, S. C. 2003. Development of Immature Stage of *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera : Noctuidae) Under Alternating and Constant Temperature. *Environ. Entomology*, 32 (6):1337-1342.
- Gordon, Bartholomew, Grinnel, Jørgensen and White. 1982. *Animal Physiology "Principal and Adaptation"*. 4th Edition. New York: Macmillan Publishing Co., Inc.
- Gruntenko, N. E., D. Wen, E. K. Karpova, N. V. Adonyeva, Y.Liu, Q. He, N.V. Fadeeva, A. S. Fomin, S. Li, I. Yu. Rauschenbach. 2010. Altered Juvenile Hormone Metabolism, Reproduction and Stress Response in *Drosophila* Adults with Genetic Ablation on The Corpus Allatum Cells. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 40 (2010): 891-897.
- Hadi, H. M., Tarwotjo, U. dan Rahadian, R. 2009. *Biologi Insekta Entomologi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Herbinson-Evan, D. and Crossley, S. *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) "Cluster Caterpillar". [serial on line] lepidoptera.butterflyhouse.com.au/amph/litura.html. [21 Januari 2014].
- Hickman, Jr. C. P., Roberts, L. S. and Larson, A. 2001. *Integrated Principles of Zoology*. 8th Edition. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Johnson, T. 2010. "Developmental Biology of The Oleander Mealybug *Paracoccus burnerae* (Brain) (Hemiptera: Pseudococcidae) at Five Temperatures on Citrus". Thesis.University of Stellenbosch. Hal: 16-33.
- Ju, Rui-Ting, Wang, F. and Bo Li. 2010. Effects of Temperature on The Development and Population Growth of The Sycamore Lacebug, *Corytucha ciliata*. *Journal of Insect Science*, 2 (16):1-12.
- Kalshoven, I.G.E. 1981. *Pest of Crops in Indonesia*. Diterjemahkan oleh P.A. Vand Der Laan & G.H.I. Rothschild. Jakarta: P.T. Ichtiar Baru-Van Hoeve.
- Kandagal, A. S and Mahadev C. K. 2013. Study on Larvicidal Activity of Weed Extract Agains *Spodoptera litura*. *Journal of Enviromental Biology*, 34: 253-257.
- Karatay, Z. S and Karaca, I. 2013. Temperature-Dependent Development of *Chilocorus bipustulatus* (L) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aspidiotus nerii* Bouche (Hemiptera: Diaspididae) Under Laboratory Conditions.*Turky.entomology.derg*, 37 (2):185-194.

- Koyama, T., Rodrigues M.A., Athanasiadis A., Shingleton A. W., and Mirth C. K. 2014. Nutritional Control of Body Size through Fox-O-Ultraspiracle Mediated Ecdyson Biosynthesis. *Elifescience. org*, 3 (10): 1-20.
- Kumarawati, N. P. N., Supartha, I. W., dan Yuliadhi, K. A. 2013. Struktur Komunitas dan Serangan Hama-hama Penting Tanaman Kubis (*Brassica oleracea* L.). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 2 (4): 252-259.
- Macleay Museum. 2013. *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) Cotton Cutworm. [serial on line]. <http://lepidoptera.butterflyhouse.com.au/amph/litura.html>. [30 Januari 2014]
- Marwoto & Suharsono. 2008. Strategi dan Komponen Teknologi Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada Tanaman Kedelai. Malang: Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. *Jurnal Litbang Pertanian*, 27 (4): 131-136.
- Metclaf, C.L., and W. P. Flint. 1979. *Destructive and Useful Insects*. 4th Edition. Revised by R. L. Metcalf. New Delhi: Tata McGraw – Hill Publishing Company Ltd.
- Meyer, John R. 2003. The Concept of Physiological Time. NC State University: Department of Entomology. [on line]. www.cals.ncsu.edu/course/ent425/tutorial/phystime.pdf. [13 Desember 2013].
- Miyashita, K. 1971. Effects of Constant and Alternating Temperatures on the Development of *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae). *Appl. Ent. Zool*, 6 (3): 105 – 111.
- Molles, M. C. 2013. *Ecology Concept and Application*. 6th Edition. United States: The McGraw-Hill.
- Noma, Colunga-Garcia, Brewer, Landis and Gooch. 2010. Michigan State University's Invasive Species Factsheets "Oriental Leafworm *Spodoptera litura* F." [on line]. http://www.ipm.msu.edu/uploads/files/Forecasting_invasion_risks/orientalLeafworm.pdf. [11 Januari 2013].
- Nugroho, B. A. 2013. Pengenalan dan Pengendalian Hama Ulat Grayak pada Tanaman Kapas. [on line]. <http://ditjenbun.deptan.go.id/bbpptpsura-baya/berita-4-39-pengenalan-dan-pengendalian-hama-ulat-grayak-pada-tanaman-kapas.pdf>. [13 Desember 2013].

- Pedigo, L. P. 1991. *Entomology and Pest Management*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Qiqi, Yuan, Jing, Yinzhao, Liming and Qingchun. 2012. Effects of Sublethal Concentrations of The Chitin Synthesis Inhibitor, Hexaflumuron, on The Development and Hemolymph Physiology of The Cutworm, *Spodoptera litura*. *Journal of Insect Science*, 12(27): 1-13
- Rao, J. V. Ranga, Wightman, J. A., and Rao, D. V. Ranga. 1989. Temperatures and Thermal Requirements for The Development of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ. Entomol*, 18 (4) 548-551.
- Romo, J. T. & Eddleman, L.E. 1995. Use of Degree Days in Multiple Temperature Experiment. *Journal of Range Management*, 48 (6): 410-416.
- Ross, H. H., Ross, C. A and Ross, J. R.P. *A Textbook of Entomology*. 4th Edition. Florida: Krieger Publishing Company.
- Sadava, Hills, Heller, and Berenbaum. 2011. *Life, The Science of Biology*. 9th Edition. U.S.A. : The Courier Companies, Inc.
- Sastrosiswojo, S., Uhan, T. S. dan Sutarya, R. 2005. *Penerapan Teknologi PHT pada Tanaman Kubis*. Monografi No. 21. Bandung: Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- Schreiner, I. 2000. Cluster Caterpillar (*Spodoptera litura* [Fabricius]). Agricultural Development in the American Pacific (ADAP). [on line]. http://www.ctahr.hawaii.edu/adap/Publications/ADAP_pubs/2000-3.pdf. [11 Januari 2013].
- Selvaraj, S, D. Ramesh, A. V. and Narayanan, A. L. 2010. Impact of Ecological Factors on Inceidence and Development of Tobacco Cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius on Cotton. *Journal of Biopesticides*, 3 (1): 43-46.
- Shahout, Xu, Qiao, Qiao and Jia. 2011. Sublethal Effects of Methoxyfenozide on Growth and Development of Commom Cutworm *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae). *Research Journal of Biology Science*, 6(2): 58-64.
- Sharov, A. 1998. Development of Poikilothermous Organisms, Degree-days. Department of Entomology, Viginia Tech, Blacksburg. [on line]. <http://home.comcast.net/~sharov-/PopEcol/lec8/ratedev.html>. [9 Februari 2014].

Soekarno, D. 1985. Ulat Grayak dan Pengendaliannya. *Jurnal LITBANG Pertanian*, 4(3): 65-70.

Stehr, F. W. 1987. *Immature Insect*. USA: Kendall/Hunt Publishing Company.

Wigglesworth, V. B. 1972. *The Principles of Insect Physiology*. 7th Edition. New York: Chapman and Hall Ltd.



LAMPIRAN A. MATRIKS PENELITIAN

MATRIKS PENELITIAN

JUDUL	LATAR BELAKANG	RUMUSAN MASALAH	VARIABEL	INDIKATOR	SUMBER DATA	METODE	ANALISIS
<p>Pengaruh Suhu terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Ulat Grayak <i>Spodoptera litura</i> F. (Lepidoptera: Noctuidae) pada Kubis (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.)</p>	<p>Iklm hampir mempengaruhi semua aspek ekosistem antara lain respon fisiologi dan perilaku makhluk hidup (Molles, 2013: 99). Iklm secara global dapat berubah karena terjadinya pemanasan global. Pemanasan global telah menyebabkan peningkatan suhu global bumi sebesar 0,18°C/ dekade selama 25 tahun terakhir (BMKG, 2012: 87). Peningkatan suhu bumi tersebut tidak dipungkiri telah mempengaruhi kehidupan se-tiap makhluk hidup di bumi, termasuk serangga yang merupakan hewan poikiloterm. Perkembangan serangga sangat dipengaruhi oleh keadaan ling-kungannya terutama suhu (temperatur) lingkungan (Balogh & Pfeiffer (1998). Terkait dengan suhu lingkungan, setiap jenis serangga memiliki <i>developmental threshold</i> (batas suhu pertumbuhan & perkembangan) yang berbeda-beda. Hasil dari penelitian-penelitian se-</p>	<p>1) Adakah pengaruh perbedaan suhu terhadap pertumbuhan ulat grayak <i>S. litura</i>? 2) Adakah pengaruh perbedaan suhu terhadap perkembangan ulat grayak <i>S. litura</i>? 3) Berapa <i>Physiological time</i> dari ulat grayak <i>S. litura</i>?</p>	<p>1) Variabel bebas dalam penelitian ini adalah suhu ruang pemeliharaan serangga uji <i>Spodoptera litura</i> F. (<i>S. litura</i>) 2) Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pertumbuhan (pertambahan ukuran) dan perkembangan</p>	<p>1) Terjadi pertambahan panjang tubuh larva (mm) 2) Terjadi pertambahan berat tubuh larva (mg) 3) Lama waktu yang dibutuhkan larva untuk berubah bentuk menjadi pupa hingga dewasa (hari), ditandai dengan adanya <i>exuvium</i> di botol pemeliharaan</p>	<p>Data hasil penelitian di dalam laboratorium</p>	<p>Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yaitu perbedaan suhu ruang pemeliharaan <i>S. litura</i>. Perlakuan (P) yang digunakan sebanyak 5 perlakuan yaitu 28°C, 30°C, 32°C, 34°C, dan 36°C,</p>	<p>ANOVA dengan taraf kepercayaan 5% dan jika hasil analisis signifikan, maka dilanjutkan dengan uji <i>Post hoc</i> Duncan dengan taraf signifikansi 5%.</p>

	<p>belumnya menunjukkan bahwa, semakin tinggi suhu lingkungan, maka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan siklus hidup serangga akan semakin pendek, sehingga <i>physiological time</i> dari serangga semakin pendek pula (Meyer, 2003). Pengetahuan mengenai <i>physiological time</i> dan <i>developmental threshold</i> memiliki nilai penting dalam program pengendalian hama yang efektif, terutama untuk mengendalikan <i>S. litura</i> yang bersifat polifag dan sulit dikendalikan. Penentuan <i>physiological time</i> dan <i>developmental threshold</i> dapat dilakukan dengan pemberian perlakuan berupa perbedaan suhu ruang pemeliharaan <i>S. litura</i>. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Perbedaan Suhu terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Ulat Grayak <i>Spodoptera litura</i> pada Kubis (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.)”.</p>		<p>ngan (metamorfosis) pada serangga uji <i>S. litura</i> 3) Variabel kontrol atau variabel kendali adalah serangga uji yang digunakan adalah larva <i>S. litura</i> pada fase instar II</p>			<p>ditambah dengan satu kontrol pada suhu 27,5°C. Masing-masing perlakuan dilakukan dengan 15 kali ulangan dan setiap ulangan terdiri dari 2 larva. Dengan demikian, pada penelitian ini diperlukan 180 larva.</p>	
--	---	--	--	--	--	--	--

LAMPIRAN B. HASIL ANALISIS PERLAKUAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN ULAT GRAYAK *Spodoptera litura* F.

B1. Hasil rerata pertumbuhan larva *S. litura* instar II sampai instar V

		N	Mean	Std. Deviation
Panjang	1.00	30	7.2667	5.51445
	28.00	30	4.5000	5.60018
	30.00	30	4.1333	6.54287
	32.00	30	3.0000	6.85817
	34.00	30	1.7667	5.61208
	36.00	30	1.7000	6.31446
	Total	180	3.7278	6.30671
Berat	1.00	30	.0578	.04508
	28.00	30	.0364	.04536
	30.00	30	.0335	.05300
	32.00	30	.0243	.05555
	34.00	30	.0143	.04546
	36.00	30	.0138	.05115
	Total	180	.0299	.05104

B2. Hasil Rerata pertambahan panjang pada tiap instar dari instar II – V

Perlakuan	Instar	Mean	N	Std. Deviation
27,5	2.00	.7833	30	.58255
	3.00	1.5333	30	.89955
	4.00	1.8000	30	1.14169
	5.00	1.9333	30	1.28475
	Total	1.5125	120	1.09518
28.00	2.00	.8500	30	.65850
	3.00	1.5500	30	.95908
	4.00	.9833	30	2.01496
	5.00	.5833	24	2.33902
	Total	1.0132	114	1.62047

30.00	2.00	.6500	30	.75601
	3.00	1.6167	30	1.05604
	4.00	.4167	30	3.36074
	5.00	1.1111	27	1.52753
	Total	.9444	117	1.99652
32.00	2.00	.2667	30	.44978
	3.00	.9667	30	1.17395
	4.00	1.0167	30	1.52272
	5.00	1.9310	29	1.41247
	Total	1.0378	119	1.33429
34.00	2.00	.4000	30	.49827
	3.00	.4833	30	.53310
	4.00	1.0833	30	.98334
	5.00	1.6552	29	1.58736
	Total	.8992	119	1.10580
36.00	2.00	.3667	30	.49013
	3.00	.8833	30	.65236
	4.00	1.3667	30	.99943
	5.00	1.4138	29	1.42722
	Total	1.0042	119	1.03640
Total	2.00	.5528	180	.61521
	3.00	1.1722	180	.98922
	4.00	1.1111	180	1.88907
	5.00	1.4702	168	1.64854
	Total	1.0699	708	1.41361

B3. Hasil uji ANOVA perlakuan suhu terhadap pertumbuhan larva *S. litura*

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Panjang	Between Groups	653.161	5	130.632	3.515	.005
	Within Groups	6466.500	174	37.164		
	Total	7119.661	179			
Berat	Between Groups	.040	5	.008	3.295	.007
	Within Groups	.423	173	.002		
	Total	.464	178			

B4. Hasil uji Post hoc *Duncan* perlakuan suhu terhadap pertumbuhan larva *S. litura*

Panjang

Duncan^a

PERLAKUAN	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
36.00	30	1.7000	
34.00	30	1.7667	
32.00	30	3.0000	
30.00	30	4.1333	4.1333
28.00	30	4.5000	4.5000
1.00	30		7.2667
Sig.		.116	.061

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30,000.

Berat

Duncan^{a,b}

PERLAKUAN	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
36.00	30	.0138	
34.00	30	.0143	
32.00	30	.0243	
30.00	30	.0335	.0335
28.00	30	.0364	.0364
1.00	29		.0578
Sig.		.118	.074

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 29,829.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

B5. Hasil uji mortalitas larva (%) *S. litura*

Perlakuan	Mortalitas per perlakuan
27,5°C ± 0,5°C (Kontrol)	100%
28°C ± 0,5°C	80%
30°C ± 0,5°C	90%
32°C ± 0,5°C	97%
34°C ± 0,5°C	97%
36°C ± 0,5°C	97%

B6. Hasil rerata lama perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar

Descriptive Statistics

Perlakuan	Mean	Std. Deviation	N
1.00	3.2381	1.06200	147
28.00	3.6371	1.38713	124
30.00	3.4091	1.15219	132
32.00	3.0214	.87711	140
34.00	3.0000	.95486	137
36.00	2.9348	.79420	138
Total	3.1980	1.07373	818

B7. Hasil rerata lama perkembangan (hari) pada tiap fase instar dalam siklus hidup *S. litura*

Instar	Perlakuan	Mean	N	Std. Deviation
2.00	1.00	3.7000	30	.91539
	28.00	4.9333	30	1.17248
	30.00	3.8667	30	1.16658
	32.00	3.3000	30	.53498
	34.00	3.4333	30	.56832
	36.00	3.3333	30	.66089
	Total	3.7611	180	1.03224
3.00	1.00	3.7000	30	.70221
	28.00	3.6333	30	.99943

	30.00	3.9333	30	.63968
	32.00	3.4000	30	.81368
	34.00	3.1667	30	.69893
	36.00	3.1667	30	.69893
	Total	3.5000	180	.80847
4.00	1.00	3.2667	30	.69149
	28.00	3.5000	30	1.10641
	30.00	3.3667	30	.99943
	32.00	2.9000	30	.71197
	34.00	2.6667	30	.75810
	36.00	2.7000	30	.53498
	Total	3.0667	180	.87549
5.00	1.00	3.5000	30	.86103
	28.00	2.9583	24	1.16018
	30.00	2.8519	27	.98854
	32.00	2.7241	29	1.09859
	34.00	2.8966	29	1.08050
	36.00	2.8621	29	.78940
	Total	2.9702	168	1.01737

B8. Hasil uji ANOVA perlakuan terhadap lama perkembangan larva *S. litura* pada tiap instar dengan covariate instar (II - V)

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	199.355 ^a	6	33.226	36.288	.000
Intercept	1764.761	1	1764.761	1927.409	.000
instar	150.032	1	150.032	163.859	.000
perlakuan	41.768	5	8.354	9.123	.000
Error	742.562	811	.916		
Total	9308.000	818			
Corrected Total	941.917	817			

a. R Squared = ,212 (Adjusted R Squared = ,206)

B9. Hasil uji *Post hoc* Duncan perlakuan terhadap lama perkembangan larva *S. litura*

Lama Perkembangan

Duncan^{a,b,c}

Perlakuan	N	Subset			
		1	2	3	4
36.00	138	2.9348			
34.00	137	3.0000	3.0000		
32.00	140	3.0214	3.0214		
1.00	147		3.2381	3.2381	
30.00	132			3.4091	3.4091
28.00	124				3.6371
Sig.		.525	.077	.179	.073

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
based on observed means.

the error term is mean square(error) = 1,099.

A. Uses harmonic mean sample size = 135,957.

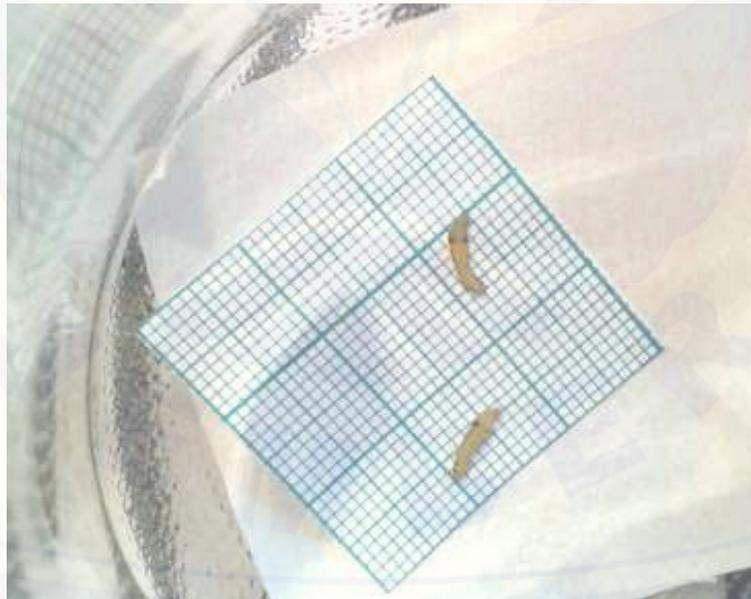
B. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type i error levels are not guaranteed.

C. Alpha = ,05.

LAMPIRAN C. DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar C1. Inkubator dan botol pemeliharaan yang digunakan sebagai tempat pemeliharaan dan perlakuan terhadap larva *S. litura*



Gambar C2. Larva *S. litura* instar II



Gambar C3. Larva *S. litura* instar II dan instar III dalam satu botol pemeliharaan yang mengalami perbedaan lama waktu perkembangan



Gambar C4. Larva *S. litura* instar IV



Gambar C5. Larva *S. litura* instar V



Gambar C6. Fase pre-pupa larva *S. litura* (Skala 1 : 0,6)



Gambar C7. Perilaku kanibalisme dari larva *S. litura* (Skala 1: 0,28)



Gambar C8. *Exuvium* larva *S. litura* (Skala 1: 0,16)