

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Mortalitas Imago *T. castaneum* pada Berbagai Tingkatan Suhu

Perlakuan berbagai tingkatan suhu berpengaruh secara nyata terhadap rerata mortalitas imago *T. castaneum* tujuh hari setelah infestasi (Tabel 1). Hasil penelitian menunjukkan bahwa mortalitas imago terjadi pada perlakuan suhu 20, 35, dan 40°C.

Tabel 1. Rerata Mortalitas Imago *T. castaneum* Tujuh Hari Setelah Infestasi pada Berbagai Tingkatan Suhu

Perlakuan Suhu (°C)	Mortalitas Imago (%) ($\bar{x} \pm SE$)
20	0,67 \pm 0,04 b
27	0,00 \pm 0,00 a
30	0,00 \pm 0,00 a
35	0,67 \pm 0,04 b
40	13,03 \pm 0,16 c
BNT	0,23

Keterangan: angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5%, data ditransformasi ke dalam $\text{Arcsin} = \text{ASIN}(\text{SQRT}(\text{data}/100)+0,5)$ untuk keperluan analisis statistika

Mortalitas imago *T. castaneum* tertinggi terjadi pada perlakuan suhu 40°C yaitu 13,03%. Tingginya mortalitas pada suhu 40°C disebabkan karena imago tidak dapat bertahan hidup pada suhu tinggi. Hal tersebut terlihat dari banyaknya imago yang mati. Menurut Banks dan Fields (1995), pemaparan suhu tinggi yaitu 40-60°C dapat menyebabkan kematian pada serangga hama gudang. Selain disebabkan oleh suhu yang tinggi, mortalitas imago pada suhu 40°C tampaknya juga disebabkan oleh rerata kelembaban nisbi harian yang rendah, yaitu sekitar 32% (Tabel Lampiran 11). Fields (1992) menyatakan bahwa suhu tinggi dapat menyebabkan kematian pada serangga, salah satunya yaitu *water-stress* yang disebabkan oleh kelembaban nisbi yang rendah, sehingga serangga lebih peka terhadap panas. Sehna *et al.* (2003) melaporkan bahwa suhu sekitar 40°C dapat meningkatkan kehilangan air dari tubuh serangga karena spirakel terbuka lebar dan mencairnya

lipid pada kutikula, sehingga menyebabkan penguapan dari permukaan tubuh serangga. Ebeling (1971) mengemukakan bahwa serangga akan mati apabila kehilangan sekitar 60% air dari dalam tubuhnya.

Mortalitas imago juga terjadi pada perlakuan suhu 20 dan 35°C, namun persentasenya rendah yaitu 0,67%. Perlakuan suhu 27 dan 30°C tidak menyebabkan kematian pada imago *T. castaneum*. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi tersebut sesuai untuk *T. castaneum*. Menurut Hagstrum *et al.* (1996), *T. castaneum* dapat bertahan hidup pada kisaran suhu 25-37,5°C, di luar kisaran tersebut maka akan terjadi kematian.

Jumlah Telur, Larva, Pupa, dan Imago Baru *T. castaneum* pada Berbagai Tingkatan Suhu

Perlakuan berbagai tingkatan suhu berpengaruh secara nyata terhadap rerata jumlah telur, larva, pupa, dan imago baru *T. castaneum* (Tabel 2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *T. castaneum* dapat hidup pada suhu 27-35°C. Hal tersebut terlihat dari telur yang dapat menetas dan berkembang hingga menjadi imago baru. Perlakuan suhu 20 dan 40°C menyebabkan daur hidup *T. castaneum* terputus karena telur tidak dapat menetas.

Tabel 2. Rerata Jumlah Telur, Larva, Pupa, dan Imago Baru *T. castaneum* pada Berbagai Tingkatan Suhu

Perlakuan Suhu (°C)	Rerata Jumlah ($\bar{x} \pm SE$)			
	Telur (butir)	Larva (ekor)	Pupa (individu)	Imago Baru (ekor)
20	17,60 ± 1,50 a	-	-	-
27	108,00 ± 9,03 b	84,60 ± 12,19 a	33,20 ± 3,96 a	32,00 ± 4,70 a
30	161,60 ± 11,94 c	142,20 ± 10,74 b	36,40 ± 4,04 ab	31,00 ± 4,37 a
35	160,20 ± 10,91 c	147,20 ± 9,97 b	48,60 ± 3,56 b	46,80 ± 3,84 b
40	20,40 ± 3,41 a	-	-	-
BNT	24,92	33,91	11,89	13,30

Keterangan: angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5%

- Telur tidak menetas

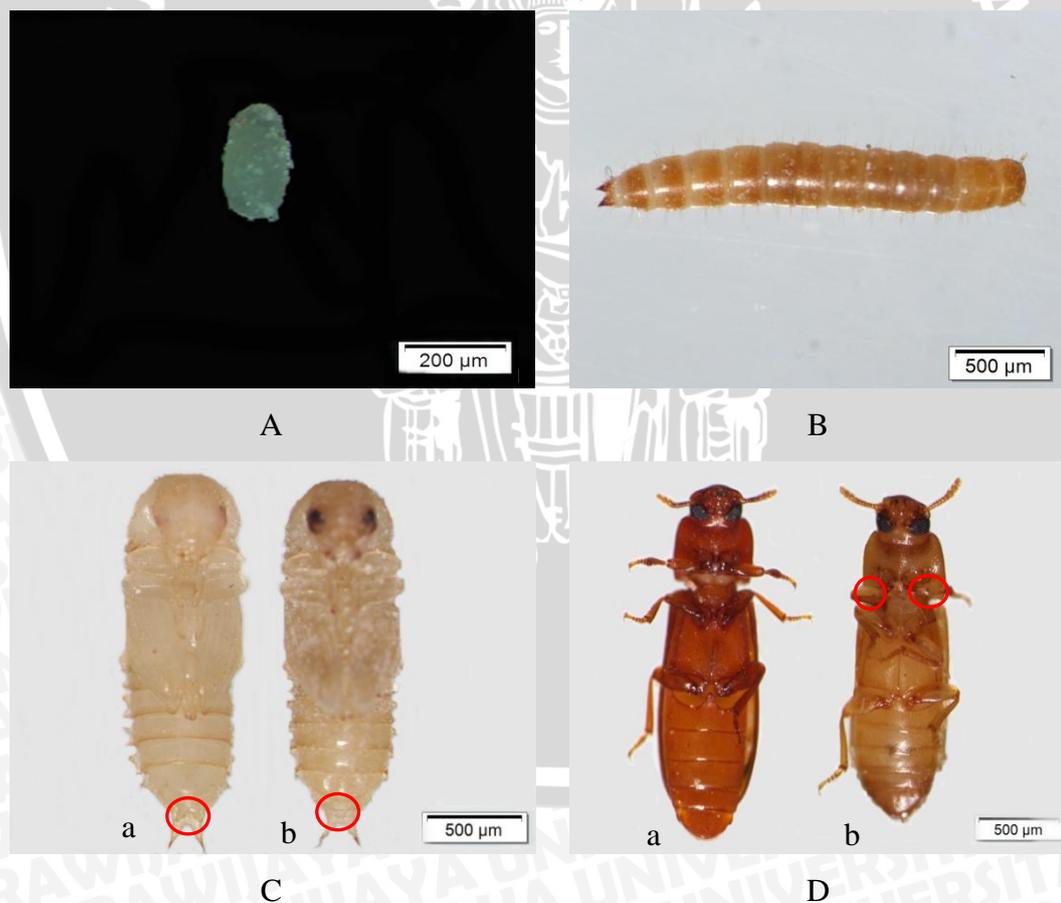
Rerata jumlah telur yang diletakkan oleh imago *T. castaneum* betina pada berbagai tingkatan suhu berkisar antara 17,60-161,60 butir. Rerata jumlah telur

tertinggi dihasilkan pada perlakuan suhu 30 dan 35°C, sedangkan yang terendah yaitu pada suhu 20 dan 40°C. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan suhu sampai dengan 35°C dapat meningkatkan rerata jumlah telur yang dihasilkan *T. castaneum*, kemudian terjadi penurunan pada suhu yang lebih tinggi yaitu 40°C. Rendahnya rerata jumlah telur pada suhu 20°C diduga karena suhu tersebut diluar kisaran suhu untuk pertumbuhan dan perkembangan *T. castaneum*. Menurut Rees (2004), kisaran suhu *T. castaneum* yaitu 22-40°C. Howe (1962) melaporkan bahwa pada suhu 20°C imago *T. castaneum* betina yang diinfestasi pada gandum hanya mampu menghasilkan satu butir telur per hari. Rendahnya rerata jumlah telur pada suhu 40°C tampaknya disebabkan oleh tingginya mortalitas imago pada suhu tersebut, sehingga telur yang dihasilkan jumlahnya rendah. Selain itu, telur *T. castaneum* pada perlakuan suhu 20 dan 40°C tidak dapat menetas. Hal tersebut berbeda dengan penelitian Howe (1956), bahwa persentase tetas telur *T. castaneum* pada suhu 20 dan 40°C berturut-turut yaitu 77 dan 80%. Hasil yang berbeda tersebut tampaknya disebabkan oleh perbedaan strain *T. castaneum* yang digunakan. Pada penelitian tersebut menggunakan *T. castaneum* strain Inggris sedangkan penelitian ini menggunakan strain Indonesia. Fields (1992) menyatakan bahwa pemaparan suhu rendah dapat mempengaruhi perkembangan serangga dan fase yang rentan terhadap suhu rendah yaitu telur. Hal tersebut tampaknya yang menyebabkan pada penelitian ini telur gagal menetas pada perlakuan suhu 20°C. Banks dan Fields (1995) melaporkan bahwa pemaparan suhu 5°C di atas suhu optimum dapat menghentikan perkembangan serangga. Suhu optimum *T. castaneum* menurut Rees (2004), yaitu 35°C. Hal tersebut tampaknya yang menyebabkan pada penelitian ini telur gagal menetas pada perlakuan suhu 40°C.

Rerata jumlah larva pada suhu 27-35°C berkisar antara 84,60-147,20 ekor. Perlakuan suhu 30 dan 35°C menghasilkan rerata jumlah larva tertinggi, sedangkan yang terendah yaitu pada perlakuan suhu 27°C. Larva *T. castaneum* pada suhu 27-35°C tidak seluruhnya dapat berkembang menjadi pupa. Rerata jumlah pupa *T. castaneum* yang terbentuk pada suhu 27-35°C berkisar antara 33,20-48,60 individu. Rerata jumlah pupa tertinggi dihasilkan pada suhu 35°C, sedangkan

yang terendah yaitu pada suhu 27. Rerata jumlah imago baru yang terbentuk pada perlakuan suhu 35°C lebih tinggi daripada perlakuan suhu lain. Hal tersebut menunjukkan bahwa meningkatnya suhu dapat meningkatkan jumlah imago baru yang muncul pada penelitian ini. Menurut Hagstrum *et al.* (1996), peningkatan populasi serangga merupakan hasil dari waktu perkembangan yang singkat, kemampuan bertahan hidup, dan jumlah telur yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil penelitian *T. castaneum* dapat hidup dan berkembangbiak pada kisaran suhu 27-35°C dan tidak dapat bertahan hidup pada suhu 20 dan 40°C. Fase hidup *T. castaneum* terdiri dari empat fase, yaitu telur, larva, pupa, dan imago (Gambar 10). Howe (1956) menyatakan bahwa keberhasilan serangga untuk dapat berkembangbiak dengan cepat yaitu apabila kondisi lingkungan sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangannya.



Gambar 10. Fase Hidup *T. castaneum*. A: Telur (Perbesaran 56x), B: Larva (Perbesaran 20x), C: Pupa (Perbesaran 25x) a: Betina b: Jantan, D: Imago (Perbesaran 25x) a: Betina b: Jantan

Waktu Perkembangan *T. castaneum* pada Berbagai Tingkatan Suhu

Perlakuan suhu 27-35°C berpengaruh secara nyata terhadap rerata lama stadia telur, larva, pupa, dan total waktu perkembangan *T. castaneum* dari telur hingga menjadi imago baru (Tabel 3).

Tabel 3. Rerata Stadia Telur, Larva, Pupa, dan Total Waktu Perkembangan *T. castaneum* dari Telur hingga Imago Baru pada Berbagai Tingkatan Suhu

Perlakuan Suhu (°C)	Rerata stadia (hari) ($\bar{x} \pm SE$)			Perkembangan dari Telur-Imago Baru
	Telur	Larva	Pupa	
20	-	-	-	-
27	5,80 ± 0,37 b	28,80 ± 1,36 c	5,40 ± 0,51 b	39,80 ± 2,17 c
30	4,20 ± 0,37 a	17,80 ± 1,02 a	3,80 ± 0,32 a	25,80 ± 1,24 a
35	4,00 ± 0,32 a	24,20 ± 0,73 b	4,20 ± 0,37 a	32,40 ± 1,29 b
40	-	-	-	-
BNT	1,09	3,29	1,25	5,01

Keterangan: angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5%

- Telur tidak menetas

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan suhu 30°C menyebabkan waktu perkembangan *T. castaneum* lebih singkat daripada perlakuan suhu lain, terlihat dari rerata lama stadia telur, larva, dan pupa *T. castaneum*. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut *T. castaneum* dapat berkembang dengan baik. Howe (1965) menyatakan bahwa perkembangan *T. castaneum* lebih baik pada kisaran suhu 30-34°C. Total waktu perkembangan *T. castaneum* dari telur hingga menjadi imago baru pada suhu 30°C, yaitu 25,80 hari. Kumawat (2007) menyatakan bahwa faktor abiotik yang berperan penting dalam perkembangan yaitu suhu dan kelembaban nisbi. Rerata kelembaban nisbi harian pada perlakuan suhu 30°C yaitu sekitar 65% (Tabel Lampiran 11). Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi tersebut sesuai untuk perkembangan *T. castaneum*. Menurut Astuti *et al.* (2013), waktu perkembangan yang singkat dapat mengindikasikan bahwa lingkungan tersebut sesuai untuk perkembangan serangga.

Berat Imago Baru *T. castaneum* pada Berbagai Tingkatan Suhu

Perlakuan suhu 27-35°C berpengaruh secara nyata terhadap berat imago baru *T. castaneum* (Tabel 4). Tidak ada imago baru yang terbentuk pada perlakuan suhu 20 dan 40°C. Hal tersebut karena telur gagal menetas pada suhu 20 dan 40°C (Tabel 2).

Tabel 4. Rerata Berat Imago Baru *T. castaneum* pada Berbagai Tingkatan Suhu

Perlakuan Suhu (°C)	Berat Imago Baru (mg/ekor) ($\bar{x} \pm SE$)
20	-
27	1,76 \pm 0,02 c
30	1,36 \pm 0,05 b
35	0,82 \pm 0,03 a
40	-
BNT	0,14

Keterangan: angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5%

- Tidak ada imago baru yang terbentuk

Perlakuan suhu 27°C menghasilkan berat imago baru yang lebih tinggi daripada suhu 30 dan 35°C yaitu 1,76 g. Berat imago baru yang lebih tinggi pada suhu 27°C tampaknya karena stadia larva yang lebih panjang daripada perlakuan suhu lain (Tabel 3). Lazzari dan Lazzari (2012) menyatakan bahwa suhu tinggi menghasilkan berat imago yang lebih ringan disebabkan waktu perkembangan yang cepat dan terbatasnya periode larva untuk makan. Rerata lama stadia larva pada suhu 27°C yaitu 28,80 hari (Tabel 3). Hal tersebut memberikan kesempatan yang lebih lama pada larva untuk makan. Menurut Soliman dan Hardin (1971), selain suhu, faktor lingkungan lain yang dapat mempengaruhi berat tubuh serangga yaitu kelembaban nisbi. Rerata kelembaban nisbi harian pada suhu 27°C yaitu sekitar 72% (Tabel Lampiran 11). Hal tersebut tampaknya berpengaruh terhadap kadar air pada beras yang digunakan pada penelitian ini. Uddin *et al.* (2006) menyatakan bahwa kelembaban nisbi pada lingkungan sekitar dapat mempengaruhi kadar air pada bahan simpan. Kadar air akhir pada beras yang digunakan pada perlakuan di suhu 27°C yaitu 13,1% (Tabel Lampiran 13). Kadar air tersebut lebih tinggi daripada suhu 30 dan 35°C karena hanya terjadi sedikit penurunan dari kadar air awal.

Hal tersebut tampaknya menyebabkan beras pada suhu 27°C lebih lunak, sehingga *T. castaneum* lebih mudah untuk makan.

Pembahasan Umum

Serangga *T. castaneum* dapat hidup dan berkembangbiak suhu 27-35°C. Pada kisaran suhu tersebut, telur *T. castaneum* dapat menetas dan berkembang hingga menjadi imago. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi tersebut sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan *T. castaneum*. Pada kisaran suhu 27-35°C menghasilkan pertumbuhan *T. castaneum* yang lebih baik pada suhu 35°C (Tabel 2), waktu perkembangan yang lebih singkat pada suhu 30°C (Tabel 3), dan berat imago baru yang lebih tinggi pada suhu 27°C (Tabel 4). Selain suhu, berat imago baru tampaknya dipengaruhi pula oleh faktor kelembaban nisbi dan kadar air pakan. Astuti (2013) menyatakan bahwa terdapat korelasi yang positif antara kelembaban nisbi dan kadar air, kelembaban nisbi yang tinggi akan menyebabkan tingginya kadar air pada pakan dan kondisi tersebut sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan serangga. Kadar air akhir pada beras di suhu 27°C yaitu 13,1% (Tabel Lampiran 13). Navarro *et al.* (2002) menyatakan bahwa secara umum pakan digunakan oleh serangga dari jenis kumbang untuk menghasilkan telur.

Pertumbuhan dan perkembangan *T. castaneum* terhambat pada suhu 20 dan 40°C. Pada suhu tersebut *T. castaneum* masih dapat menghasilkan telur, namun jumlahnya rendah dan telur gagal menetas, sehingga daur hidupnya terputus (Tabel 2). Selain itu, mortalitas imago juga terjadi pada suhu 20 dan 40°C. Mortalitas imago pada kedua suhu tersebut berturut-turut adalah 0,67 dan 13,03% (Tabel 1). Mortalitas imago terjadi akibat ketidakmampuan serangga untuk bertahan hidup pada kondisi suhu ekstrim. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tersebut tidak sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan *T. castaneum*. Rees (2004) menyatakan bahwa suhu tubuh serangga mengikuti suhu lingkungan di sekitarnya karena serangga tidak dapat mengatur suhu tubuhnya sendiri, sehingga kemampuannya untuk berkembangbiak dan bertahan hidup dipengaruhi oleh suhu. Menurut Banks

dan Fields (1995), serangga hama gudang dapat berkembangbiak dan bertahan hidup hanya pada kisaran suhu tertentu, diluar kisaran suhu minimum dan maksimum untuk hidup, serangga akan mengalami kematian ataupun peningkatan populasinya berjalan dengan lambat.

