



**PREFERENSI DAN BIOLOGI TUNGAU *Acarus siro*
PADA BERAS PUTIH, MERAH DAN HITAM
DALAM KONDISI BUTIRAN UTUH DAN PATAH**

**OLEH
ITO FERNANDO**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2017**



**PREFERENSI DAN BIOLOGI TUNGAU *Acarus siro*
PADA BERAS PUTIH, MERAH DAN HITAM
DALAM KONDISI BUTIRAN UTUH DAN PATAH**

**OLEH
ITO FERNANDO**

125040200111022

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh

Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN**

JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

MALANG

2017

PERNYATAAN

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

Malang, April 2017

Penulis



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Preferensi dan Biologi Tungau *Acarus siro* pada Beras Putih, Merah dan Hitam dalam Kondisi Butiran Utuh dan Patah

Nama Mahasiswa : Ito Fernando

NIM : 125040200111022

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Retno Dyah Puspitarini, MS.
NIP. 19580112 198203 2 002

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

Mengetahui,

Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan

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

Tanggal Persetujuan:



LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I,

Penguji II,

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

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

Penguji III,

Penguji IV,

Dr. Ir. Retno Dyah Puspitarini, MS.
NIP. 19580112 198203 2 002

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

Tanggal Lulus:

*Skripsi ini kupersembahkan untuk
g tua tercinta serta kakak-kakakku
dan keponakanku tersayang*

RINGKASAN

Ito Fernando. 125040200111022. Preferensi dan Biologi Tungau *Acarus siro* pada Beras Putih, Merah dan Hitam dalam Kondisi Butiran Utuh dan Patah. Dibawah bimbingan Dr. Ir. Retno Dyah Puspitarini, MS. sebagai pembimbing utama dan Tita Widjayanti, SP., MSi. sebagai pembimbing pendamping.

Di Indonesia beras menjadi makanan pokok utama serta produk pertanian terpenting. Terdapat berbagai macam jenis beras yang dikonsumsi di Indonesia antara lain beras putih, merah dan hitam. Proses budidaya tanaman padi serta kegiatan pascapanen menentukan kuantitas dan kualitas beras yang dihasilkan. Beras dapat mengalami kerusakan apabila tidak dilakukan penanganan yang baik dan benar saat proses penyimpanannya. Salah satu spesies tungau gudang yang penting dan menimbulkan permasalahan di penyimpanan adalah *Acarus siro* L. (Acari: Acaridae). Pengaruh jenis beras terhadap kesesuaian hidup hama gudang terutama tungau belum banyak diketahui, sehingga penelitian mengenai preferensi dan biologi tungau gudang *A. siro* pada berbagai jenis dan struktur beras perlu dikaji. Pengetahuan tentang preferensi dan biologi tungau *A. siro* pada beras tersebut akan memberi informasi dasar dalam pengelolaan tungau gudang *A. siro* pada tempat penyimpanan.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2016 sampai Januari 2017 di Laboratorium Hama Tumbuhan, Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Tungau *A. siro* diperoleh dari Balai Besar Karantina Pertanian, Surabaya. Beras yang digunakan pada penelitian ini adalah beras putih organik varietas IR 64, beras merah organik varietas Aek Sibundong dan beras hitam organik varietas Hare kwa, yang masing-masing disiapkan dalam butiran utuh dan patah. Penelitian preferensi dilakukan pada sangkar preferensi yang terbuat dari modifikasi cawan Petri. Pengamatan preferensi tungau *A. siro* meliputi jumlah imago yang hadir dan jumlah telur yang diletakkan pada masing-masing beras. Selanjutnya, pengamatan biologi tungau *A. siro* meliputi perkembangan pradewasa, siklus hidup, lama hidup imago jantan dan betina, serta keperidian. Selain itu, pada penelitian ini juga dilakukan studi nisbah kelamin tungau *A. siro*. Penentuan nisbah kelamin tungau *A. siro* dilakukan dengan cara menempatkan sepasang imago pada arena percobaan dengan pakan berupa ragi. Data preferensi dan biologi tungau *A. siro* dianalisis menggunakan analisis ragam pada taraf kesalahan 5%. Apabila dari hasil analisis menunjukkan data yang berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil pada taraf kesalahan 5%.

Hasil penelitian menunjukkan tungau *A. siro* lebih menyukai hadir dan meletakkan telurnya pada beras merah patah dan beras hitam patah. Perkembangan tungau *A. siro* juga lebih baik pada beras merah patah dan beras hitam patah. Hal tersebut terlihat dari perkembangan pradewasa yang singkat, lama hidup imago jantan dan betina yang lama, dan keperidian yang tinggi pada beras merah patah dan beras hitam patah. Beras merah patah dan beras hitam patah merupakan pakan yang disukai dan sesuai untuk perkembangan tungau *A. siro*.



SUMMARY

Ito Fernando. 125040200111022. Preference and Biology of *Acarus siro* Mite on White, Red and Black Rice in Whole and Crushed Grain Condition. Supervised by Dr. Ir. Retno Dyah Puspitarini, MS. as the main supervisor and Tita Widjayanti, SP., MSi. as companion supervisor.

Rice is the main staple food and one of the most important agricultural product in Indonesia. There are several rice types that consumed in Indonesia, such as white rice, red rice and black rice. The farming management and field operations as well as the postharvest operations determine the quantity and the quality of the rice. Rice can be a subject to deterioration when not properly stored. The flour mite *Acarus siro* L. (Acari: Acaridae) is one of the commonest and major pest of stored foodstuff in storage. There is not many reports on the effect of rice type to the preference and biology of stored product mite *A. siro*, thus information about preference and biology of this mite need to be studied. This research was expected to be useful to provide information as a basis for the development of integrated pest management (IPM) *A. siro* on storage facilities.

Research was conducted from August 2016 to January 2017 at the Laboratory of Plant Pest, Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture University of Brawijaya. *Acarus siro* mite culture were obtained from Balai Besar Karantina Pertanian Surabaya (The Agricultural Quarantine Major Service of Surabaya). Rice that were used in this research were organic white rice IR 64 variety, organic red rice Aek Sibundong variety and organic black rice Hare Kwa variety, and each rice types was prepared in whole and crushed grain condition. Preference research was conducted using preference cages, that were made from modification of Petri dish. The observation of *A. siro* mite preference consist of the number of adults present and the number of eggs laid in each rice types. After that, the observation of *A. siro* biology consist of preadult development, life cycle, adult longevity and fecundity. In addition, in this research the study of *A. siro* mite sex ratio was also conducted. The determination of *A. siro* mite sex ratio was done by placing a pair of adult in the arena with yeast as the main diet, this research was replicated 20 times. The data on preference and biology were analysed by analysis of variance at 5% error level. If the results of the analysis showed significantly different, the data were analysed with Least Significant Difference Test at level 5% error.

The results showed that *A. siro* mite preferred to present and to lay their eggs in crushed grain red rice and crushed grain black rice. The growth of *A. siro* mite was also more suitable in crushed red rice and crushed black rice. It was seen from shorter pre-adult development, longer adult male and female longevity, and higher fecundity in crushed grain red rice and crushed grain black rice. Crushed grain red rice and crushed grain black rice were the food that preferred and suitable for the development of *A. siro* mite.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Preferensi dan Biologi Tungau *Acarus siro* pada Beras Putih, Merah dan Hitam dalam Kondisi Butiran Utuh dan Patah".

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Retno Dyah Puspitarini, MS. selaku dosen pembimbing utama dan Tita Widjayanti, SP., MSi. selaku dosen pembimbing pendamping atas bimbingan, saran, nasihat dan kesabarannya dalam membimbing penulis. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan (HPT) dan seluruh dosen atas arahan dan bimbingan yang diberikan serta tenaga kependidikan Jurusan HPT, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas dan bantuan yang diberikan selama ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Karantina Pertanian Surabaya yang telah membantu dalam penyediaan fasilitas, alat dan bahan selama penelitian.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang tulus penulis berikan kepada kedua orang tua, kakak dan keponakan tercinta atas doa, kasih sayang, pengertian dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Kepada Fikri Bagus Zakaria, M. Bayu Mario, Kristyaphine Stefani Retnosari, Albertus Widi Eva Oktavia, Dewi Anggraini, Munika Dwi, Aryati, Priyanto, Dinnar, Maria, Ardi, Shanaz, Andre, Tom dan Mas Faldy, juga rekan-rekan HPT 2012 serta seluruh pihak atas doa, bantuan, dukungan, dan kebersamaan selama ini, penulis sampaikan terima kasih.

Semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang pertanian.

Malang, April 2017

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 14 Februari 1996 sebagai anak terakhir dari lima bersaudara dari Bapak Ridwan Arief Yuwono dan Ibu Yuarin Insyah.

Penulis memulai pendidikan di Taman Kanak-kanak pada tahun 2000-2001 di TK Sabilillah Malang. Penulis menempuh pendidikan dasar pada tahun 2001-2007 di SDN Blimbing III Malang, kemudian melanjutkan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 5 Malang pada tahun 2007-2010. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 1 Malang pada jalur kelas akselerasi di tahun 2010-2012. Pada tahun 2012, penulis diterima sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang melalui jalur penerimaan Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) jalur tulis dan memilih minat Hama dan Penyakit Tumbuhan.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Genetika Tanaman, Hama Penyakit Penting Tumbuhan, Manajemen Hama Penyakit Terpadu, Ilmu Hama Tumbuhan, Entomologi dan Acarologi. Penulis pernah mengikuti kegiatan magang kerja selama tiga bulan di Balai Besar Karantina Tumbuhan Surabaya pada tahun 2015.

Penulis pernah meraih sejumlah penghargaan yaitu Juara 1 (perorangan) Olimpiade Sains Pertanian Se-Jawa Timur di UB pada tahun 2014, Juara 3 (tim) Lomba Cerdas Cermat (LCC) Entomologi dalam *Insect Day* di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2015, Juara 1 (tim) LCC Entomologi dalam Perhimpunan Entomologi Indonesia di Universitas Brawijaya (UB) pada tahun 2015, dan Juara 3 (tim) LCC ilmu pertanian dalam Pekan Peramalan II di Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan Karawang, Jawa Barat pada tahun 2016. Penulis juga pernah menjadi delegasi UB dalam Olimpiade Nasional Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam bidang Biologi tingkat regional pada tahun 2015 dan 2016.



DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	2
Manfaat Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
Sistematika Tungau <i>Acarus siro</i>	3
Biologi Tungau <i>Acarus siro</i>	4
Arti Penting Tungau <i>Acarus siro</i>	4
Pengaruh Kondisi Fisik dan Nutrisi Pakan Terhadap Hama Gudang	5
Deskripsi Beras	6
Hipotesis Penelitian	7
III. METODE PELAKSANAAN	8
Tempat dan Waktu Penelitian	8
Alat dan Bahan	8
Metode Penelitian	8
Persiapan Beras untuk Percobaan	9
Analisis Proksimat Beras	10
Uji Kekerasan Pakan	10
Uji Fenol Beras	10
Perbanyakkan Tungau <i>Acarus siro</i>	10
Arena Percobaan	10
Identifikasi Tungau	11
Pengukuran Suhu dan Kelembaban Nisbi Laboratorium	12
Studi Pengaruh Jenis dan Struktur Beras terhadap Preferensi Tungau <i>Acarus siro</i>	12



Studi Pengaruh Jenis dan Struktur Beras terhadap Biologi Tungau <i>Acarus siro</i>	13
Studi Nisbah kelamin	14
Analisis Data	15
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
Morfologi Tungau <i>A. siro</i>	16
Studi Preferensi dan Biologi Tungau <i>Acarus siro</i> pada Beras Putih, Merah dan Hitam dalam Kondisi Butiran Utuh dan Patah	18
Preferensi Tungau <i>Acarus siro</i> pada Beras Putih, Merah dan Hitam dalam Kondisi Butiran Utuh dan Patah	18
Biologi Tungau <i>Acarus siro</i> pada Beras Putih, Merah dan Hitam dalam Kondisi Butiran Utuh dan Patah	23
Nisbah Kelamin dan Reproduksi Tungau <i>A. siro</i>	29
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	31
Kesimpulan	31
Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	38



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
-------	------	---------

- | | | |
|----|---|----|
| 1. | Perlakuan jenis dan struktur beras pada penelitian preferensi dan biologi tungau <i>Acarus siro</i> | 13 |
| 2. | Rerata Jumlah imago tungau <i>Acarus siro</i> yang hadir dan telur yang diletakkan pada berbagai jenis dan struktur beras | 19 |
| 3. | Hasil uji kekerasan beberapa jenis biji beras | 19 |
| 4. | Hasil uji kandungan fenol total beberapa jenis biji beras | 23 |
| 5. | Rerata perkembangan pradewasa tungau <i>Acarus siro</i> pada berbagai jenis dan struktur beras | 25 |
| 6. | Kandungan proksimat beberapa jenis beras | 24 |
| 7. | Rerata lama hidup imago dan keperidian tungau <i>Acarus siro</i> pada berbagai jenis dan struktur beras | 27 |

Lampiran

- | | | |
|-----|---|----|
| 1. | Analisis ragam jumlah imago betina tungau <i>Acarus siro</i> yang hadir pada beberapa jenis dan struktur beras | 39 |
| 2. | Analisis ragam jumlah imago jantan tungau <i>Acarus siro</i> yang hadir pada beberapa jenis dan struktur beras | 39 |
| 3. | Analisis ragam jumlah total imago tungau <i>Acarus siro</i> yang hadir pada beberapa jenis dan struktur beras | 39 |
| 4. | Analisis ragam jumlah telur yang diletakkan tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras | 39 |
| 5. | Analisis ragam lama stadium telur tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras | 40 |
| 6. | Analisis ragam lama stadium larva tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras | 40 |
| 7. | Analisis ragam lama stadium larva istirahat tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras | 40 |
| 8. | Analisis ragam lama stadium protonimfa tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras | 40 |
| 9. | Analisis ragam lama stadium protonimfa istirahat tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras | 41 |
| 10. | Analisis ragam lama stadium tritonimfa tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras | 41 |
| 11. | Analisis ragam lama stadium tritonimfa istirahat tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras | 41 |
| 12. | Analisis ragam lama perkembangan pradewasa tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras | 41 |



13.	Analisis ragam lama siklus hidup tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras.....	42
14.	Analisis ragam lama hidup imago betina tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras.....	42
15.	Analisis ragam lama hidup imago jantan tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras.....	42
16.	Analisis ragam lama masa praoviposisi imago betina tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras.....	42
17.	Analisis ragam lama masa oviposisi imago betina tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras.....	43
18.	Analisis ragam lama masa pascaoviposisi imago betina tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras.....	43
19.	Analisis ragam produktivitas telur harian per lama hidup imago betina tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras.....	43
20.	Analisis ragam produktivitas telur harian per masa oviposisi imago betina tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras.....	43
21.	Analisis ragam keperidian imago betina tungau <i>Acarus siro</i> pada beberapa jenis dan struktur beras.....	44
22.	Suhu dan kelembapan harian Laboratorium Hama 3 pada tanggal 01 Agustus 2016 – 31 Januari 2017.....	44

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Siklus hidup tungau <i>Acarus siro</i>	3
2.	Butiran gabah beras	7
3.	<i>Grain moisture tester</i> tipe Riceter F511	9
4.	Arena percobaan biologi tungau <i>Acarus siro</i> pada posisi melintang	11
5.	Arena uji preferensi tungau <i>Acarus siro</i>	12
6.	Fase-fase tungau <i>Acarus siro</i> , a: telur, b: larva, c: larva istirahat; d: protonimfa; e: protonimfa istirahat, f: tritoniimfa; g: tritoniimfa istirahat; h: imago betina; i: imago jantan	16
7.	Tungau <i>Acarus siro</i> memakan bagian lembaga biji beras, a: pada biji utuh; b: pada biji patah	20
8.	Butiran utuh beras putih, merah dan hitam	21
9.	Telur yang diletakkan oleh imago tungau <i>A. siro</i> , a: pada dasar cawan Petri, b: kumpulan telur yang menempel satu sama lain; c: pada permukaan beras; d: pada bagian lembaga biji beras	22
10.	Kurva hubungan umur imago dan jumlah imago tungau <i>Acarus siro</i> per hari pada berbagai jenis dan struktur beras, A: imago jantan, B: imago betina	28
11.	Kurva hubungan masa oviposisi imago betina dan rerata jumlah telur per hari tungau <i>Acarus siro</i> pada berbagai jenis dan beras struktur beras	29
Lampiran		
1.	Beras yang digunakan dalam penelitian, a: beras putih utuh; b: beras merah utuh; c: beras hitam utuh; d: beras putih patah; e: beras merah patah; f: beras hitam patah	49
2.	Struktur butiran beras yang digunakan dalam penelitian pada mikroskop, a: beras putih utuh; b: beras merah utuh; c: beras hitam utuh; d: beras putih patah; e: beras merah patah; f: beras hitam patah	49



I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Produksi beras dunia sebagian besar dihasilkan di Asia, terutama wilayah Asia Tenggara (Anonim, 2006). Negara penghasil beras terbesar di Asia Tenggara adalah Vietnam, Filipina, Thailand dan Indonesia (Mutert dan Fairhurst, 2002; Anonim, 2016). Di Indonesia beras menjadi makanan pokok utama serta produk pertanian terpenting (Panuju *et al.*, 2013). Terdapat berbagai macam jenis beras yang dikonsumsi di Indonesia antara lain beras putih, merah dan hitam.

Proses budidaya tanaman padi serta kegiatan pascapanen menentukan kuantitas dan kualitas beras yang akan dihasilkan (Lantin, 1999). Beras dapat mengalami kerusakan apabila tidak dilakukan penanganan yang baik dan benar saat proses penyimpanannya (Trigo-Stockli dan Pedersen, 1994). Kerusakan dan kehilangan hasil dapat terjadi saat proses penyimpanan, yaitu akibat kesalahan pengelolaan, waktu simpan yang terlalu lama dan adanya serangan hama pascapanen (Sjam, 2014).

Kondisi yang sesuai yaitu pada kadar air yang tinggi, bahan simpanan menjadi mudah untuk diserang oleh hama-hama pascapanen, termasuk golongan tungau (Armitage, 1980; Armitage dan Stables, 1984). Tungau gudang menyerang berbagai macam jenis bahan simpanan meliputi biji-bijian (Athanassiou *et al.*, 2005; Palyvos dan Emmanouel, 2006), produk makanan dan benih tanaman (Zaher *et al.*, 1986), serta sayuran, buah-buahan dan jamur pangan (Skubala *et al.*, 2006). Salah satu spesies tungau gudang yang penting dan menimbulkan permasalahan di penyimpanan adalah *Acarus siro* L. (Acari: Acaridae) (Hughes, 1976; Solomon, 1962).

Tungau *A. siro* tersebar secara kosmopolit dan menjadi hama gudang penting di berbagai negara. Tungau *A. siro* memakan dan menginfestasi berbagai macam bahan simpanan meliputi biji-bijian, produk olahan sereal, tepung, keju, serta buah-buahan kering (Solomon, 1962). Infestasi tungau gudang pada biji di tempat penyimpanan dapat menyebabkan penurunan kandungan nutrisi dan menurunkan daya perkecambahan (White *et al.*, 1979). Selain itu, infestasi tungau *A. siro* juga menimbulkan kerusakan tidak langsung yaitu kontaminasi, pemanasan (*heating*) dan membantu penyebaran mikroorganisme pada bahan simpanan (Solomon, 1946).



Kesintasan serta pertumbuhan dan perkembangan hama gudang dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, salah satunya adalah faktor pakan (Wilbur, 1971). Kondisi fisik dan nutrisi pakan berpengaruh terhadap kelangsungan hidup hama gudang. Kondisi fisik biji meliputi kekerasan biji, ukuran biji, ketebalan kulit biji, serta bentuk biji utuh atau patah berpengaruh terhadap perkembangan hama gudang (Sjam, 2014). Setiap jenis dan varietas biji-bijian juga menunjukkan tingkat kesesuaian yang berbeda bagi pertumbuhan dan perkembangan tungau gudang (White *et al.*, 2003).

Berbagai jenis dan varietas beras *Oryza sativa* L. (Poaceae) secara periodik terus dikembangkan dan diproduksi di Indonesia. Setiap jenis dan varietas beras tersebut mempunyai sifat genetik yang beragam dengan karakteristik fisik dan kandungan nutrisi yang berbeda (Romdon *et al.*, 2014). Pengaruh masing-masing jenis beras terhadap kesesuaian hidup hama gudang terutama tungau belum banyak diketahui, sehingga penelitian mengenai preferensi dan biologi tungau gudang *A. siro* pada berbagai jenis dan struktur beras perlu dikaji. Penelitian ini dilakukan pada tiga jenis beras yaitu beras putih varietas IR 64, beras merah varietas Aek Sibundong, dan beras hitam varietas Hare Kwa dalam kondisi biji butiran utuh dan biji patah. Pengetahuan tentang preferensi dan biologi tungau *A. siro* tersebut akan memberikan informasi dasar dalam pengelolaan tungau gudang *A. siro* pada tempat penyimpanan.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji preferensi dan biologi tungau *A. siro* pada tiga jenis beras yaitu beras putih, merah dan hitam dalam kondisi biji utuh serta biji patah.

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk dasar penyusunan pengelolaan tungau *A. siro* di tempat penyimpanan, khususnya pada beras.

Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini yaitu 1) Imago tungau *A. siro* lebih menyukai beras merah dalam kondisi biji patah dibandingkan pada beras putih dan hitam. 2) Lama perkembangan pradewasa, keperidian dan lama hidup imago tungau *A. siro* lebih sesuai pada beras merah dalam kondisi biji patah dibandingkan pada beras putih dan hitam.



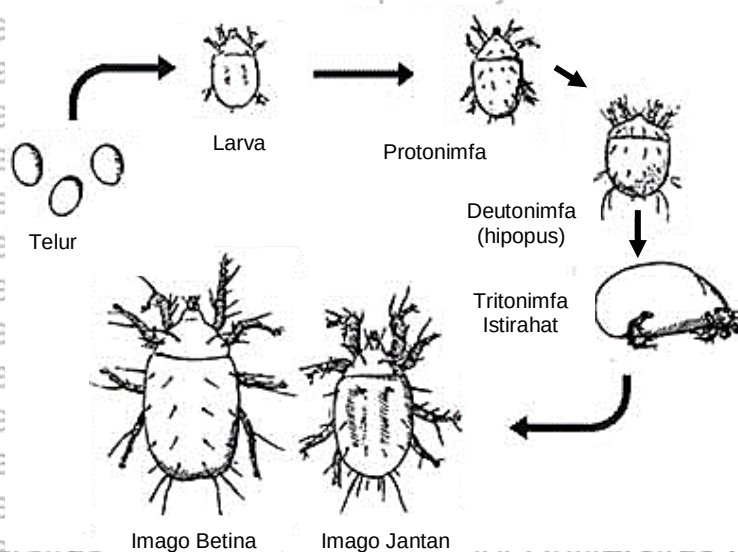
II. TINJAUAN PUSTAKA

Sistematika Tungau *Acarus siro*

Tungau *Acarus siro* sering dikenal dengan sebutan tungau tepung (*flour mite*) (Hagstrum *et al.*, 2013). Tungau ini termasuk ke dalam kingdom Animalia, filum Arthropoda, kelas Arachnida, subkelas Acari, superordo Acariformes, ordo Sarcoptiformes, superfamili Acaroidea, famili Acaridae, genus *Acarus*, dan spesies *A. siro* L. (Krantz dan Walter, 2009). Tungau *A. siro* mempunyai nama sinonim *Tyroglyphus farinae* de Geer dan *Aleurobius farinae* Canestrini (Hughes, 1976).

Biologi Tungau *Acarus siro*

Siklus hidup tungau-tungau acarid umumnya melewati 5 fase yaitu telur, larva, protonimfa, tritonimfa dan dewasa (Cunnington, 1984; Hoy, 2011) (Gambar 1). Fase deutonimfa pada tungau acarid atau hipopus merupakan fase hidup fakultatif yang terbentuk apabila kondisi lingkungan tidak sesuai untuk pertumbuhan serta perkembangan lebih lanjut (Connor, 2009). Larva dan nimfa tungau *A. siro* melewati fase istirahat sebelum memasuki fase aktif berikutnya. Fase-fase hidup tungau *A. siro* secara lebih rinci dimulai dari telur, larva aktif, larva istirahat, protonimfa aktif, protonimfa istirahat, tritonimfa aktif, tritonimfa istirahat, dan imago (Cunnington, 1984).



Gambar 1. Siklus hidup tungau *Acarus siro* (modifikasi dari Solomon, 1962)



Telur tungau *A. siro* berukuran kecil yaitu rata-rata dengan panjang 125,6 μm dan lebar 83,9 μm . Telur berwarna putih, sebagian jernih dan mengkilap dengan ujung yang bulat (KucEROVá dan Stejskal, 2009). Telur yang baru dikeluarkan oleh tungau betina dilapisi suatu cairan lengket yang berasal dari sekresi lapisan epitel oviduk, sehingga telur dapat melekat pada suatu objek (Cunnington, 1985). Kemudian telur menetas menjadi larva. Larva tungau *A. siro* bertungkai tiga pasang, selanjutnya larva akan berganti kulit menjadi nimfa yang bertungkai empat pasang (Solomon, 1962). Tungau pradewasa mirip dengan tungau dewasa, namun berukuran lebih kecil (Pedersen, 1992).

Panjang tubuh tungau *A. siro* dewasa berukuran lebih kurang 500 μm , tubuhnya transparan, serta bagian gnathosoma dan tungkai berwarna kuning pucat hingga merah kecoklatan. Terdapat suatu duri (*spur*) pada genu ke-I tungau jantan yang juga merupakan penciri khusus dari genus *Acarus* (Solomon, 1962; Hughes, 1976). Tungau betina dewasa bertubuh lebih oval dibandingkan tungau jantan (Hughes, 1976).

Pada kondisi yang optimum, keperidian tungau *A. siro* mampu mencapai 800 butir per betina, dengan produktivitas telur harian 20 hingga 30 butir per hari. Siklus hidup tungau *A. siro* berlangsung selama 17 hari pada suhu 18-22° C dan kelembapan nisbi udara sekitar 75-85%. (Bhargava dan Kumawat, 2010). Imago betina tungau *A. siro* dapat bertahan hidup selama 40 – 50 hari (Hill, 2003; Bhargava dan Kumawat, 2010). Pada kondisi yang kurang sesuai, lamanya siklus hidup dan lama hidup serta keperidian tungau *A. siro* bervariasi, tergantung pada kondisi suhu dan kelembapan nisbi udara (Cunnington, 1985; Emekci dan Toros, 1989; Collof, 2009).

Arti Penting Tungau *Acarus siro*

Tungau *A. siro* merupakan spesies tungau hama penting pada tempat penyimpanan (Cunnington, 1985; Hubert *et al.*, 2006). Tungau *A. siro* tersebar secara kosmopolit (Hagstrum *et al.*, 2013) dan menjadi hama utama pada berbagai negara beriklim sedang meliputi Eropa, Amerika Utara dan Rusia (Cunnington, 1985). Pertumbuhan dan perkembangan tungau *A. siro* di daerah iklim tropis dan subtropis terhambat karena suhu udara yang tinggi dan kelembapan udara yang rendah, sehingga ancaman serangan tungau ini dapat ditolerir (Cunnington, 1965). Serangan tungau *A. siro* di Indonesia belum pernah dilaporkan (Kalshoven, 1981),



meskipun demikian kehadiran tungau pada bahan simpanan menimbulkan berbagai masalah. Di Inggris Raya, negara-negara Eropa, dan Australia tidak menoleransi adanya serangga atau tungau hidup pada bahan yang diperdagangkan terutama biji-bijian, produk makanan dan makanan hewan peliharaan. Infestasi tungau tersebut menimbulkan kerugian akibat adanya penolakan konsumen, perlakuan tambahan dan biaya transportasi (Collins, 2012).

Tungau *A. siro* memakan dan menginfestasi berbagai macam bahan simpanan meliputi biji-bijian, produk olahan sereal, tepung, keju serta buah-buahan kering (Hughes, 1976; Cunnington, 1985). Tungau *A. siro* tidak mampu menembus kulit biji, sehingga hanya mampu menyerang biji yang telah rusak akibat kerusakan mekanik atau serangan patogen (Solomon, 1946; Hughes, 1976). Tungau *A. siro* memakan bagian embrio, hal tersebut menyebabkan menurunnya tingkat perkecambahan dan kandungan nutrisi biji (Solomon, 1946).

Sisa kulit mati serta ekskresi yang ditinggalkan oleh tungau *A. siro* menimbulkan bau yang tidak sedap dan apak pada bahan simpanan (Hughes, 1976). Kehadiran tungau pada bahan simpanan menyebabkan adanya penolakan oleh konsumen, dan bahan simpanan menjadi tidak layak untuk dikonsumsi bagi hewan ternak ataupun manusia (Sinha, 1979; Wilkin dan Stables, 1985). Populasi tungau *A. siro* yang tinggi memicu terjadinya pemanasan pada biji (*heating*), meskipun daya rusaknya tidak sebesar akibat serangan serangga-serangga gudang (Solomon, 1946). Tungau *A. siro* juga membantu penyebaran mikroorganisme di dalam bahan simpanan terutama dari golongan jamur. Spora-jamur menempel pada tubuh, berada di dalam sistem pencernaan, serta terdapat pada feses tungau *A. siro* (Griffiths *et al.*, 1959; Hubert *et al.*, 2004^a). Tungau gudang tidak hanya mengurangi kualitas dari bahan simpanan, tetapi dapat juga menjadi vektor penyebaran toksin yang dihasilkan oleh mikroorganisme, sehingga kehadirannya di tempat penyimpanan menjadi penting untuk diperhatikan (Collins, 2012). Selain itu, tungau *A. siro* bersifat alergen yang dapat menyebabkan alergi dan menimbulkan masalah kesehatan bagi manusia (Hubert *et al.*, 2005; Stejskal dan Hubert, 2008).

Pengaruh Kondisi Fisik dan Nutrisi Pakan terhadap Hama Gudang

Pakan adalah salah satu faktor utama yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan hama gudang baik golongan serangga dan tungau (Wilbur, 1971; Rodriguez dan Rodriguez, 1987). Kuantitas, kualitas, kondisi fisik dan



kimiawi pakan memengaruhi perilaku dan kelangsungan hidup hama. Faktor fisik pakan yang menentukan kehidupan hama gudang meliputi kekerasan biji, ukuran biji dan tebal tipisnya kulit biji (Sjam, 2014). Hama gudang *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) tumbuh lebih baik pada biji gandum yang telah pecah dan berukuran kecil dibandingkan pada biji utuh (Beckel et al., 2007). Pertumbuhan populasi tungau *A. siro* juga lebih cepat pada biji gandum dan barley yang pecah dibandingkan pada biji utuh (White et al., 2003). Selain itu, adanya kulit biji berfungsi sebagai penghalang dan pertahanan biji dari serangan hama. Karakteristik dan kondisi kulit biji padi (*hull*) berpengaruh pada tingkat serangan hama *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) (Chanbang et al., 2008). Tungau *A. siro* juga tidak mampu menyerang biji apabila kulit biji masih utuh (Rodriguez dan Rodriguez, 1987). Biji yang masih dalam kondisi baik, lebih jarang diserang oleh tungau dibandingkan dengan biji-biji yang pecah atau berlubang. Biji yang rusak memberikan akses yang lebih mudah bagi tungau *A. siro* untuk memakan bagian embrio (Solomon, 1969).

Nutrisi merupakan kebutuhan kimiawi dasar bagi organisme untuk pertumbuhan, pemeliharaan jaringan tubuh, reproduksi, serta sumber energi (Chapman, 1998). Nutrisi terpenting yang dibutuhkan oleh serangga dan tungau adalah karbohidrat, protein, lipid, vitamin dan mineral (Cohen, 2004). Perbedaan nutrisi yang terkandung pada tiap jenis bahan simpanan berpengaruh terhadap kesesuaian hidup dan laju reproduksi tungau gudang (Zdarkova, 1977 dalam Hubert et al., 2009). Pertumbuhan populasi tungau gudang acarid yaitu *A. siro*, *Lepidoglyphus destructor* (Schrang) dan *Tyrophagus putrescentiae* (Schrang) berbeda-beda pada tiap jenis, varietas dan kultivar biji-bijian (White et al., 2003; Hubert et al., 2013).

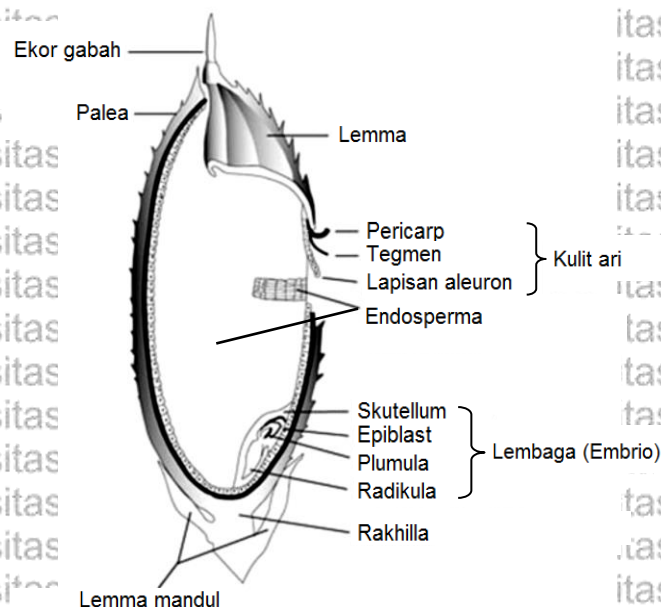
Deskripsi Beras

Beras merupakan biji yang berasal dari tanaman monokotil *Oryza sativa* L. (*asian rice*) ataupun *Oryza glabberima* Steud. (*african rice*). Umumnya spesies *O. sativa* merupakan jenis yang paling banyak digunakan dan dikonsumsi (Kushwaha, 2016). Beras adalah salah satu tanaman sereal penting yang digunakan secara langsung sebagai makanan manusia ataupun dapat dijadikan menjadi pakan hewan (Saenkod et al., 2013). Beras merupakan makanan pokok bagi lebih dari setengah populasi penduduk dunia, dan sekitar 91% penduduk Asia



mengonsumsi beras. Konsumsi beras mampu memberikan energi sebesar 35% dan protein sebanyak 28%. Di samping itu, beras juga mengandung mineral, vitamin dan serat pangan, sehingga beras berperan penting dalam pemenuhan nutrisi bagi manusia (Lumen dan Chow, 1991).

Beras putih adalah beras yang diperoleh dari proses penggilingan dan pembersihan dari sekam dan kulit ari sehingga didapatkan butiran yang halus dan berwarna putih (Gambar 2) (Wadsworth, 1991). Meskipun demikian terdapat berbagai macam jenis beras yang mengandung pigmen-pigmen warna, antara lain beras merah dan hitam. Nama-nama beras tersebut didasarkan atas adanya pigmen warna pada biji, yang ditimbulkan adanya kandungan antosianin di berbagai lapisan pericarp, tegmen dan aleuron (Chaudary, 2003).



Gambar 2. Butiran gabah beras (modifikasi dari Kushwaha, 2016)



III. METODE PELAKSANAAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hama, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya (UB) pada bulan Agustus 2016 sampai Januari 2017.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan Petri kecil ($d=6$ cm), cawan Petri sedang ($d=9$ cm), cawan Petri besar ($d=15$ cm), stoples kaca ($d=6,5$ cm, $t=9$ cm), spons sedang ($d=9$ cm, $t=0,5$ cm), spons kecil ($d=6$ cm, $t=0,5$ cm), nampan, karet gelang, kain kasa, mikroskop, oven, kertas label, kuas nomor 00, *mortar* dan *pestle*, alat penghitung tangan, termohigrometer, *grain moisture tester* tipe Riceter F511, jarum, kaca objek dan kaca penutup.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tungau *A. siro*, beras organik putih, merah, dan hitam, ragi (*yeast*), larutan Hoyer, air serta cat kuku. Tungau *A. siro* diperoleh dari hasil perbanyakan Badan Karantina Pertanian Tumbuhan Surabaya. Beras putih organik varietas IR 64, beras merah organik varietas Aek Sibundong dan beras hitam organik varietas Hare Kwa yang digunakan, diperoleh dari kelompok tani Desa Sumbergepoh, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang. Setiap jenis beras disiapkan dalam bentuk biji utuh dan biji patah. Biji patah diperoleh dengan cara menumbuk beras biji utuh menggunakan *mortar* dan *pestle*. Ragi yang digunakan berupa ragi instan yang diperoleh dari swalayan.

Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri atas tiga percobaan yaitu 1) studi pengaruh beberapa jenis dan struktur beras terhadap preferensi tungau *A. siro*, 2) studi pengaruh beberapa jenis dan struktur beras terhadap biologi tungau *A. siro*, dan 3) studi nisbah kelamin tungau *A. siro*. Sebelum melakukan percobaan-percobaan tersebut, terlebih dahulu dilakukan persiapan penelitian yang meliputi persiapan beras untuk percobaan, analisis proksimat beras, uji kekerasan beras, uji fenol beras, perbanyakan tungau *A. siro*, pembuatan arena percobaan, serta identifikasi tungau. Dilakukan pula pengukuran suhu dan kelembapan nisbi udara laboratorium selama penelitian berlangsung.



Persiapan Beras untuk Percobaan

Persiapan beras untuk percobaan berupa sterilisasi serta pengaturan kadar air beras. Sterilisasi bertujuan agar beras putih, merah dan hitam yang digunakan dalam penelitian tidak terkontaminasi oleh organisme lain. Masing-masing beras dimasukkan ke dalam stoples kaca sebelum disterilkan. Sterilisasi dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu 40°C selama 4 jam (Bekele *et al.*, 1995). Beras putih, merah dan hitam yang telah steril dikeluarkan dari oven dan diangin-anginkan lebih kurang 10 menit. Kemudian pada permukaan stoples kaca ditutup dengan kain kasa. Masing-masing beras didiamkan selama lebih kurang 24 jam pada suhu ruangan sebelum digunakan.

Kadar air beras diukur dengan menggunakan *grain moisture tester* (Gambar 3). Pengukuran kadar air dilakukan sebanyak tiga ulangan, setelah itu diambil nilai reratanya. Kadar air beras diatur hingga mencapai lebih kurang 13,5-14% sesuai dengan standar penyimpanan biji beras. Jika kadar air beras lebih dari 14% akan diturunkan dengan cara dipanaskan menggunakan oven pada suhu 55°C selama 30-35 menit. Apabila kadar air beras kurang dari 13,5% akan dinaikkan dengan penambahan aquades. Untuk memperoleh banyaknya kebutuhan penambahan air yang diperlukan, dihitung dengan menggunakan persamaan Heinrichs *et al.* (1985).

$$WN = \frac{\% DM - \% PM}{100 - \% DM} \times WR$$

yang WN (*weight of water needed*) adalah jumlah aquades yang dibutuhkan (ml), DN (*desired moisture*) adalah kadar air yang diinginkan (%), PM (*present moisture*) adalah kadar air sekarang (%) dan WR (*weight of rice*) adalah berat beras (g)



Gambar 3. Grain moisture tester tipe Riceter F511



Analisis Proksimat Beras

Beras yang digunakan sebagai perlakuan, diuji menggunakan analisis proksimat untuk mengetahui nilai kandungan karbohidrat, protein, lemak dan kadar abu. Analisis proksimat dilakukan di Laboratorium Sentral Ilmu Hayati, UB.

Uji Kekerasan Beras

Uji kekerasan beras bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan biji beras yang digunakan pada percobaan. Pengujian menggunakan biji beras butiran utuh, kemudian tingkat kekerasan didapatkan dengan menghitung besarnya gaya yang diperlukan untuk menghancurkan butiran beras tersebut. Uji kekerasan dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan Hasil Pertanian (TPHP), Fakultas Teknologi Pertanian (FTP), Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta.

Uji Fenol Beras

Uji fenol bertujuan untuk mengetahui jumlah fenol total yang dikeluarkan oleh setiap jenis beras. Pengujian menggunakan biji beras butiran utuh. Uji fenol dilakukan di Laboratorium TPHP, FTP, UGM, Yogyakarta.

Perbanyakan Tungau *Acarus siro*

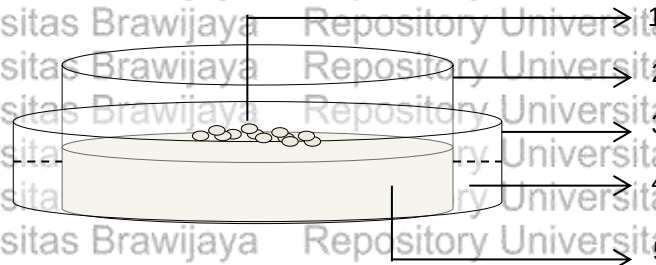
Perbanyakan tungau *A. siro* untuk percobaan dilakukan di ruangan Laboratorium Hama yang bersuhu lebih kurang 27-29°C dan kelembapan nisbi sekitar 70%. Tungau *A. siro* membutuhkan kelembapan yang tinggi untuk pertumbuhan dan perkembangannya, sehingga kondisi air pada arena percobaan perlu diperhatikan. Pakan yang digunakan untuk perbanyakan tungau adalah ragi yang telah dihaluskan (Okabe dan Oconnor, 2001).

Arena Percobaan

Arena percobaan yang digunakan pada penelitian ini berupa cawan Petri sedang yang di dalamnya ditempatkan spons kecil dan digenangi air. Sebuah cawan Petri kecil diletakkan dipermukaan atas spons, kemudian masing-masing pakan diletakkan pada cawan tersebut (Gambar 4). Peletakan spons bertujuan agar cawan Petri kecil tidak bergeser dan selalu dikelilingi air untuk menghindari tungau *A. siro* keluar dari arena, serta untuk menjaga kestabilan kelembapan.



Selanjutnya, keseluruhan arena percobaan ditempatkan pada nampan dan ditutup menggunakan kain kasa untuk mencegah masuknya serangga atau tungau lain.



1: Pakan, 2: Cawan Petri Kecil, 3: Cawan Petri Sedang, 4: Air, 5: Spons

Gambar 4. Arena percobaan biologi tungau *Acarus siro* pada posisi melintang

Identifikasi Tungau

Identifikasi tungau menggunakan tungau hidup dan bentuk preparat. Identifikasi tungau dilakukan secara langsung dan morfometri. Imago tungau betina yang digunakan untuk identifikasi diperoleh dari perbanyakan *A. siro* di Laboratorium Hama. Tungau hidup diamati menggunakan mikroskop stereo binokuler, kemudian didokumentasikan.

Pembuatan preparat tungau menggunakan media larutan Hoyer. Setetes larutan Hoyer diletakkan di bagian tengah kaca obyek. Kemudian satu tungau betina dewasa diambil menggunakan kuas atau jarum dan diletakkan pada larutan dengan posisi ventral, agar memudahkan pengaturan posisi tungkai. Posisi tungkai diatur dengan baik menggunakan jarum sehingga seluruh bagian tubuh dapat terlihat secara jelas. Kemudian spesimen ditutup dengan kaca penutup secara perlahan-lahan agar tidak terbentuk gelembung-gelembung udara.

Selanjutnya preparat diberi tanda melingkar pada bagian bawah kaca preparat untuk mengetahui posisi tungau. Preparat diletakkan pada suhu ruang selama satu minggu. Setelah media larutan Hoyer kering, kaca penutup direkatkan menggunakan cat kuku untuk mencegah terjadinya oksidasi.

Identifikasi tungau bentuk preparat menggunakan mikroskop *compound*. Bagian-bagian tubuh penciri penting didokumentasi dan dicocokkan dengan kunci identifikasi. Buku identifikasi yang digunakan yaitu Zhang (2003) dan Smiley (1991).

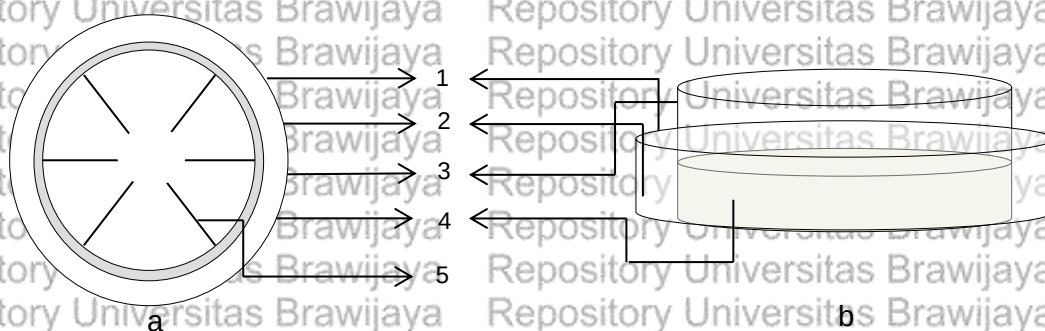


Pengukuran Suhu dan Kelembapan Nisbi Laboratorium

Pengukuran suhu dan kelembapan nisbi laboratorium dilakukan dengan menggunakan termohigrometer. Suhu dan kelembapan nisbi dicatat setiap hari pada pukul 06.00, 12.00, dan 18.00. Kemudian suhu dan kelembapan nisbi harian diperoleh dari nilai rerata pada pukul 06.00, 12.00, 18.00, dan pukul 06.00 pada hari berikutnya.

Studi Pengaruh Beberapa Jenis dan Struktur Beras terhadap Preferensi Tungau *Acarus siro*

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui preferensi hadir dan preferensi oviposisi tungau *A. siro* pada beras putih, merah, dan hitam dalam kondisi biji utuh dan biji patah (Tabel 1). Penelitian diatur dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan sepuluh kali ulangan. Penelitian ini dilakukan pada cawan Petri besar. Spons berukuran sedang diletakkan di dalam cawan Petri besar, kemudian dituangi air hingga setinggi spons. Selanjutnya pada permukaan atas spons diletakkan cawan Petri sedang yang telah diberi pembatas berupa mika plastik, sehingga didapatkan enam bagian dengan luasan yang sama (Gambar 5). Di setiap bagian pada cawan Petri sedang tersebut ditempatkan masing-masing jenis beras sebanyak 2 g. Penempatan letak masing-masing jenis beras dilakukan dengan menggunakan bilangan acak.



1: Cawan Petri Besar, 2: Air, 3: cawan Petri Sedang, 4: Spons, 5: Sekat

Gambar 5. Arena uji preferensi tungau *Acarus siro*, a: tampak atas; b: tampak samping

Sebanyak 20 pasang imago tungau *A. siro* dengan kisaran umur 1-3 hari diinfestasikan ke dalam arena percobaan. Infestasi dilakukan dengan cara menempatkan imago tungau *A. siro* di bagian tengah cawan Petri sedang untuk



memberikan peluang yang sama pada setiap jenis beras untuk dipilih sebagai inang oleh tungau *A. siro*. Selanjutnya pada hari ketiga setelah infestasi, jumlah imago tungau *A. siro* yang hadir pada setiap jenis beras perlakuan dihitung, kemudian tungau dikeluarkan dari arena. Dihitung pula jumlah telur yang diletakkan oleh imago betina tungau *A. siro* pada setiap beras.

Studi Pengaruh Beberapa Jenis dan Struktur Beras terhadap Biologi Tungau *Acarus siro*

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui biologi tungau *A. siro* yang meliputi perkembangan pradewasa, lama hidup imago jantan, lama hidup imago betina dan keperidian. Penelitian diatur dalam RAK dengan enam kombinasi perlakuan yaitu beras putih utuh, beras putih patah, beras merah utuh, beras merah patah, beras hitam utuh dan beras hitam patah (Tabel 1). Setiap perlakuan diulang sebanyak dua puluh kali, sehingga didapatkan 120 satuan percobaan.

Tabel 1. Perlakuan jenis dan struktur beras pada percobaan preferensi dan biologi tungau *Acarus siro*

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

Perkembangan Pradewasa. Pengamatan untuk menentukan perkembangan pradewasa dilakukan dengan cara menghempatkan sepasang imago tungau *A. siro* pada arena percobaan. Masing-masing beras perlakuan sebanyak 1 g ditempatkan pada arena percobaan yang berbeda, sehingga pada satu arena percobaan hanya terdapat satu jenis beras. Terdapat 120 satuan percobaan sehingga dibutuhkan 120 pasang imago.

Imago dibiarkan selama 24 jam hingga menghasilkan telur, setelah bertelur, imago-imago *A. siro* tersebut dikeluarkan. Apabila pada arena percobaan terdapat lebih dari satu telur maka telur-telur yang lain dikeluarkan dari arena sehingga hanya disisakan satu butir telur. Telur diamati setiap hari sampai



menetas dan lama stadium telur dicatat. Setelah telur menetas, pengamatan dilakukan setiap 6 jam untuk menentukan banyaknya ganti kulit serta lama perkembangan stadia larva dan nimfa.

Lama Hidup dan Keperidian. Pengamatan untuk menentukan lama hidup dan keperidian tungau *A. siro* digunakan imago betina dan jantan yang muncul pada hari yang sama. Imago tungau yang muncul pada hari yang sama, didapatkan dengan cara memindahkan fase istirahat terakhir yang terdapat pada perbanyakan ke arena percobaan yang akan digunakan untuk penelitian. Sepasang imago tungau *A. siro* yang muncul pada hari yang sama kemudian ditempatkan pada setiap arena percobaan. Masing-masing beras perlakuan sebanyak 1 g ditempatkan pada arena percobaan yang berbeda.

Lama hidup imago jantan dan betina diamati dari hari pertama kali munculnya imago sampai imago mati, dan waktu kematian imago dicatat. Jumlah telur yang diletakkan imago betina setiap hari dicatat. Kemudian telur-telur tersebut disingkirkan dengan menggunakan kuas.

Studi Nisbah Kelamin

Penelitian nisbah kelamin tidak berkaitan dengan pengaruh jenis dan struktur beras terhadap tungau *A. siro*. Nisbah kelamin perlu diteliti karena merupakan salah satu indikator penting yang menentukan baik tidaknya potensi biotik dari tungau *A. siro*.

Penentuan nisbah kelamin tungau *A. siro* dilakukan dengan cara menempatkan sepasang imago dengan kisaran umur 1-3 hari ke arena percobaan. Digunakan sebanyak 20 arena percobaan sebagai ulangan sehingga dibutuhkan 20 pasang imago tungau *A. siro*. Setiap arena percobaan diisi dengan ragi sebagai pakan tungau *A. siro*. Kemudian sepasang imago tungau *A. siro* yang telah ditempatkan di dalam arena, dibiarkan selama tiga hari untuk meletakkan telurnya. Setelah tiga hari, imago-imago tersebut disingkirkan dari arena. Semua telur yang telah diletakkan dibiarkan hingga menetas dan berkembang menjadi imago. Kemudian ditentukan nilai nisbah kelamin dengan cara membandingkan jumlah imago jantan dengan jumlah imago betina baru yang muncul.



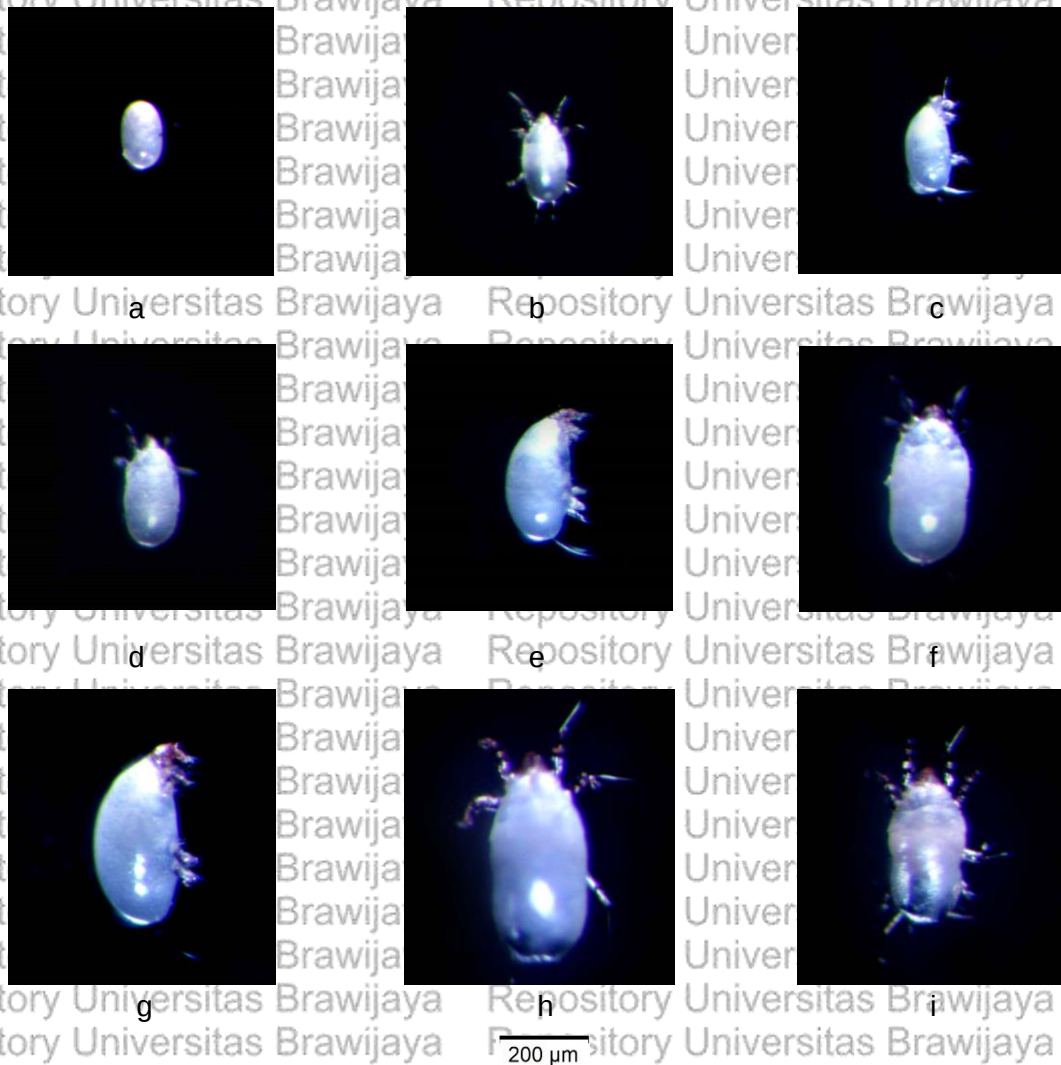
Analisis Data

Data jumlah imago yang hadir, jumlah telur yang diletakkan, lama perkembangan pradewasa, siklus hidup, lama hidup imago jantan, lama hidup imago betina dan keperidian dianalisis menggunakan uji F pada taraf kesalahan 5%. Apabila dari hasil analisis uji F terdapat pengaruh yang nyata antar perlakuan, maka dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kesalahan 5%. Program yang digunakan untuk analisis uji F dan uji lanjut BNT adalah DAASAT 2013.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi Tungau *Acarus siro*

Siklus hidup tungau *A. siro* terdiri atas telur dan beberapa fase aktif yang diselingi dengan masa diam atau istirahat. Menurut Cunningham (1984), fase-fase tungau *A. siro* tersebut adalah telur, larva, larva istirahat, protonimfa, protonimfa istirahat, tritonimfa, tritonimfa istirahat dan imago (Gambar 6).



Gambar 6. Fase-fase tungau *Acarus siro*, a: telur; b: larva; c: larva istirahat; d: protonimfa; e: protonimfa istirahat; f: tritonimfa; g: tritonimfa istirahat; h: imago betina; i: imago jantan (perbesaran 56x) (gambar diambil dari hasil penelitian perkembangan pradewasa pada beras merah patah)



Telur. Telur berbentuk elips, berwarna putih transparan dengan panjang 125,17 μm dan lebar 75,32 μm (Gambar 6a). Telur melekat pada permukaan cawan, biji beras atau pada telur dan tubuh tungau lain. Cunningham (1985) menyatakan bahwa telur yang baru diletakkan diselubungi oleh cairan lengket yang disekresikan oleh lapisan-lapisan epitelial pada oviduk betina.

Larva. Larva berwarna putih transparan dan bergerak lamban. Tungkai berjumlah tiga pasang, berwarna merah kecoklatan. Panjang tubuh 173,09 μm dan lebar tubuh 95,83 μm (Gambar 6b).

Larva Istirahat. Larva istirahat berwarna putih transparan dan mengkilap. Tungkai berjumlah tiga pasang, berwarna merah kecoklatan. Tungkai merapat dan melipat. Bagian idiosoma cembung. Panjang tubuh 180,91 μm dan lebar tubuh 105,61 μm . Fase ini merupakan fase tidak aktif (Gambar 6c).

Protonimfa. Protonimfa berwarna putih transparan. Tungkai berjumlah empat pasang dan berwarna merah kecoklatan. Panjang tubuh 216,13 μm dan lebar tubuh 109,52 μm (Gambar 6d).

Protonimfa Istirahat. Protonimfa istirahat berwarna putih transparan dan mengkilap. Tungkai berjumlah empat pasang, berwarna merah kecoklatan. Tungkai merapat dan melipat. Bagian idiosoma cembung. Panjang tubuh 247,41 μm dan lebar tubuh 120,32 μm . Fase ini merupakan fase tidak aktif (Gambar 6e).

Pada penelitian ini tidak ditemukan adanya fase deutonimfa atau hipopus. Hal tersebut karena kondisi laboratorium yaitu dengan suhu lebih kurang 28°C serta kelembapan nisbi sekitar 70% cukup sesuai untuk kehidupan tungau *A. siro*. Collof (2009) menyatakan bahwa fase deutonimfa merupakan fase fakultatif pada tungau-tungau famili Acaridae. Menurut Hoy (2011) fase tersebut hanya terbentuk apabila kondisi lingkungan kurang sesuai untuk perkembangan lebih lanjut.

Tritonimfa. Tritonimfa berwarna putih transparan. Tungkai berjumlah empat pasang dan berwarna kecoklatan. Genitalia belum tampak. Panjang tubuh 300,21 μm dan lebar tubuh 147,66 μm (Gambar 6f).

Tritonimfa istirahat. Tritonimfa istirahat berwarna putih transparan dan mengkilap. Tungkai berjumlah empat pasang, berwarna merah kecoklatan. Tungkai merapat dan melipat. Bagian idiosoma cembung. Panjang tubuh 368,00 μm dan lebar tubuh 185,02 μm . Fase ini merupakan fase tidak aktif (Gambar 6g).



Imago. Imago berwarna putih transparan dan berbentuk oval atau membulat menyerupai kantung (*saccate*). Imago betina berukuran lebih besar dibandingkan imago jantan. Tungkai berjumlah empat pasang dan berwarna merah kecoklatan. Panjang dan lebar tubuh imago betina adalah 470,37 μm dan 208,29 μm (Gambar 6h), sedangkan panjang dan lebar tubuh imago jantan adalah 354,01 μm dan 155,48 μm (Gambar 6i). Menurut Bhargava dan Kumawat (2010) panjang tubuh imago betina tungau *A. siro* berkisar 350-650 μm , sedangkan panjang tubuh imago jantan adalah 320-420 μm .

Studi Preferensi dan Biologi Tungau *Acarus siro* pada Beras Putih, Merah dan Hitam dalam Kondisi Butiran Utuh dan Patah

Penelitian preferensi dilakukan untuk mengetahui ketertarikan tungau *A. siro* pada suatu jenis beras tertentu, sedangkan penelitian biologi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian setiap jenis beras terhadap kehidupan tungau *A. siro*. Mengacu pada penelitian Hubert *et al.* (2004^b), terdapat empat kombinasi hasil pada penelitian preferensi dan biologi, yaitu (i) suatu pakan disukai dan sesuai untuk pertumbuhan; (ii) suatu pakan disukai, namun tidak sesuai bagi pertumbuhan; (iii) suatu pakan tidak disukai, namun sesuai bagi pertumbuhan; serta (iv) suatu pakan tidak disukai dan tidak sesuai bagi pertumbuhan.

Preferensi Tungau *Acarus siro* pada Beras Putih, Merah dan Hitam dalam Kondisi Butiran Utuh dan Patah

Penelitian preferensi bertujuan untuk mengetahui preferensi hadir serta preferensi oviposisi tungau *A. siro*. Hasil percobaan menunjukkan bahwa tungau *A. siro* lebih menyukai hadir dan meletakkan telurnya pada beras merah patah dan beras hitam patah (Tabel 2). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah imago betina yang hadir lebih tinggi pada perlakuan beras merah patah dan beras hitam patah yaitu 6 dan 5,6 ekor. Demikian pula dengan jumlah imago jantan yang hadir lebih tinggi pada perlakuan beras merah patah dan beras hitam patah yaitu 5,9 dan 6,2 ekor. Dari hasil percobaan, diketahui bahwa jumlah total imago yang hadir lebih tinggi pada perlakuan beras merah patah dan beras hitam patah yaitu 11,9 dan 11,8 ekor. Selain itu, jumlah telur yang diletakkan oleh imago tungau *A. siro* juga lebih tinggi pada perlakuan beras merah patah dan beras hitam patah yaitu 52,8 dan 56,6 butir.



Tabel 2. Rerata jumlah imago tungau *Acarus siro* yang hadir dan telur yang diletakkan pada berbagai jenis dan struktur beras

Perlakuan	Jumlah Imago yang Hadir (Ekor)			Jumlah Telur yang Diletakkan (Butir)
	Jantan $\bar{x} \pm SB$	Betina $\bar{x} \pm SB$	Total Imago $\bar{x} \pm SB$	
Beras Putih Utuh	2,30 $\pm$ 1,05 a	2,70 $\pm$ 1,05 a	5,00 $\pm$ 1,69 a	16,40 $\pm$ 10,14 a
Beras Merah Utuh	2,00 $\pm$ 0,66 a	2,20 $\pm$ 1,54 a	4,20 $\pm$ 1,98 a	15,00 $\pm$ 11,64 a
Beras Hitam Utuh	1,80 $\pm$ 0,63 a	1,90 $\pm$ 0,99 a	3,70 $\pm$ 1,33 a	11,20 $\pm$ 5,73 a
Beras Putih Patah	1,80 $\pm$ 1,22 a	1,60 $\pm$ 1,34 a	3,40 $\pm$ 2,50 a	12,80 $\pm$ 13,70 a
Beras Merah Patah	5,90 $\pm$ 1,79 b	6,00 $\pm$ 2,16 b	11,90 $\pm$ 3,81 b	52,80 $\pm$ 24,09 b
Beras Hitam Patah	6,20 $\pm$ 1,47 b	5,60 $\pm$ 1,07 b	11,80 $\pm$ 2,29 b	56,50 $\pm$ 21,42 b
Nilai BNT (5%)	1,08	1,27	2,15	14,17

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf kesalahan 5%, $\bar{x}$ = rerata, dan SB = simpangan baku

Faktor yang memengaruhi ketertarikan tungau *A. siro* dalam pemilihan pakan adalah adanya perbedaan kondisi fisik dan kimiawi setiap jenis beras. Faktor fisik yang berpengaruh adalah struktur dan kekerasan biji, sedangkan faktor kimiawi yang berpengaruh adalah kandungan nutrisi serta senyawa volatil yang dikeluarkan oleh beras. Hasil pengujian kekerasan biji menunjukkan bahwa tingkat kekerasan beras hitam lebih tinggi dibandingkan beras merah dan putih (Tabel 3).

Kekerasan biji tampaknya tidak berpengaruh terhadap ketertarikan

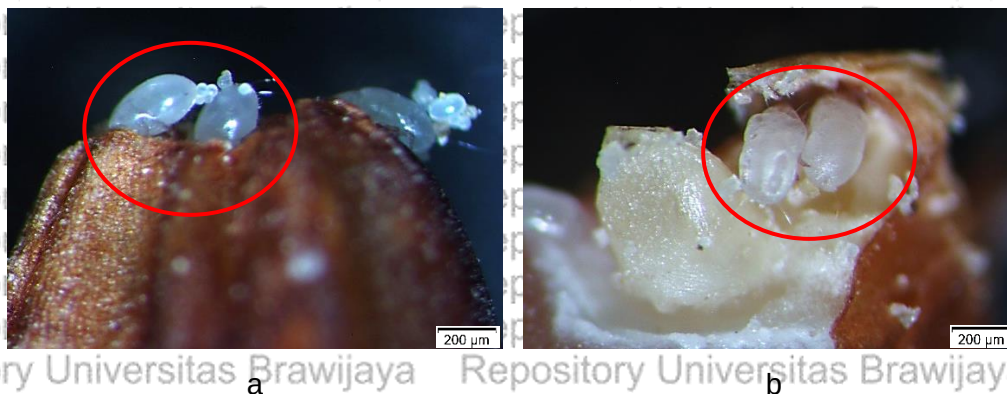
Tabel 3. Hasil uji kekerasan biji beberapa jenis beras (Laboratorium THPP FTP UGM, 2016)

Jenis Beras	Tingkat Kekerasan (Newton)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata
Beras Putih	87,97	86,38	87,17
Beras Merah	103,95	97,46	100,70
Beras Hitam	110,06	109,25	109,66

tungau *A. siro* dalam memilih pakan. Hal tersebut karena tungau *A. siro* hanya memakan bagian lembaga atau embrio pada biji beras (Gambar 7). Dari hasil pengamatan diketahui bahwa bagian lembaga biji bertekstur lebih lunak, sedangkan bagian endosperma bertekstur keras sehingga tungau *A. siro* tidak



mampu memakannya. Hal ini sesuai dengan pendapat Solomon (1962) yang menyatakan bahwa tungau *A. siro* hanya dapat memakan endosperma apabila biji telah rusak dan berjamur. Selain itu, Parkinson (1990) menjelaskan bahwa pada biji terdapat lapisan aselular yang memisahkan bagian lembaga dengan endosperma (Gambar 2). Lapisan tersebut menghalangi tungau *A. siro* untuk menginfestasi dan memakan bagian endosperma. Parkinson juga mengemukakan bahwa tungau *A. siro* hanya mampu memakan bagian endosperma ketika kondisi kelembapan nisbi tinggi, yaitu sekitar 90%.



Gambar 7. Tungau *Acarus siro* memakan bagian lembaga biji beras, a: pada biji utuh; b: pada biji patah (perbesaran 56x)

Pada gabah padi terdapat dua lapisan kulit biji, yaitu kulit luar atau sekam dan kulit ari. Sebelum menjadi beras, gabah padi melalui dua tahap proses penggilingan yaitu penghilangan kulit luar dan penghilangan kulit ari. Beras putih diperoleh dari gabah yang telah melalui proses penghilangan kulit luar dan kulit ari, sehingga didapatkan butiran yang halus dan berwarna putih. Beras putih disebut juga sebagai beras giling karena melalui dua proses penggilingan. Sebaliknya, beras merah dan hitam hanya melalui proses pertama, sehingga masih menyisakan kulit arinya. Beras merah dan hitam disebut juga sebagai beras pecah kulit. Adanya kulit ari pada beras merah dan hitam tersebut, merupakan bentuk pertahanan dan sebagai penghalang terhadap serangan hama. Menurut Solomon (1946) tungau *A. siro* tidak mampu menyerang biji apabila kondisi kulit biji masih utuh, karena kelisera tungau *A. siro* tidak dapat digunakan untuk menembus dan merusak kulit biji. Hal tersebut menyebabkan tungau *A. siro* lebih menyukai hadir dan meletakkan telurnya pada beras merah dan hitam yang telah rusak atau patah dibandingkan pada butiran utuh (Tabel 2). Dari hasil



pengamatan, diketahui bahwa bagian lembaga pada beras merah dan hitam butiran utuh tertutup oleh kulit ari yang keras. Sedangkan pada butiran patah, bagian lembaga lebih terbuka karena adanya kerusakan, celah atau lubang pada kulit arinya. Hal ini selaras dengan pendapat Solomon (1969) yang menyatakan bahwa biji yang rusak memberikan akses yang lebih mudah bagi tungau *A. siro* untuk memakan bagian lembaga. Di samping menghilangkan kulit ari, proses penggilingan pada beras putih juga menghilangkan bagian lembaganya, sehingga menjadi kurang disukai oleh tungau *A. siro* (Gambar 8).

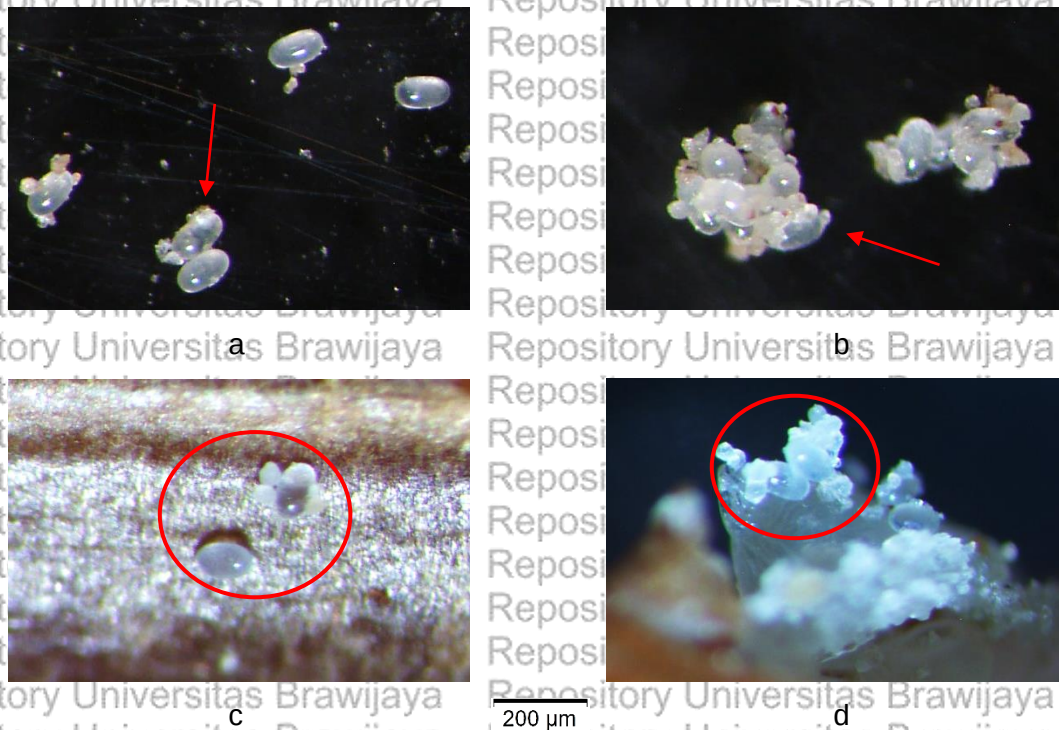


Gambar 8. Butiran utuh beras putih, merah dan hitam (panah menunjukkan tidak adanya bagian lembaga pada biji beras putih) (perbesaran 8x)

Selain faktor fisik, pemilihan pakan oleh tungau *A. siro* juga dipengaruhi oleh perbedaan kandungan kimiawi pada ketiga jenis beras. Faktor kimiawi yang berpengaruh dalam pemilihan pakan oleh tungau adalah nutrisi serta senyawa volatil. Beras mengeluarkan berbagai macam senyawa volatil. Champagne (2008) menyatakan bahwa terdapat lebih dari 200 senyawa volatil yang dikeluarkan oleh beras. Beberapa senyawa volatil tersebut berperan sebagai alelokimia yang memandu dan menarik tungau *A. siro* dalam penemuan serta penentuan suatu jenis beras tertentu sebagai inangnya. Beras patah diduga lebih banyak mengeluarkan senyawa volatil, sehingga membantu dan mempermudah tungau *A. siro* dalam pencarian dan pemilihan inangnya. Luas permukaan beras patah yang lebih luas dibandingkan beras utuh, menyebabkan senyawa volatil yang keluar dari beras patah lebih banyak. Hal tersebut menyebabkan tungau *A. siro* lebih tertarik pada beras patah dibandingkan pada beras utuh.

Pada arena percobaan, telur tungau *A. siro* diletakkan oleh imago betina secara tidak teratur pada dasar dan sisi cawan, permukaan beras, ujung biji tempat terdapatnya lembaga, serta menempel pada telur atau tubuh tungau lain

(Gambar 9). Hal ini juga didukung dengan pernyataan Cunningham (1985) serta Bhargava dan Kumawat (2010) bahwa tidak terdapat mode dan pemilihan tempat bertelur khusus pada tungau *A. siro*.



Gambar 9. Telur yang diletakkan oleh imago tungau *Acarus siro*, a: pada dasar cawan Petri; b: kumpulan telur yang menempel satu sama lain; c: pada permukaan beras; d: pada bagian lembaga biji beras (perbesaran 56x)

Hasil pengujian kandungan fenol menunjukkan bahwa kandungan fenol total tertinggi terdapat pada beras merah (Tabel 4). Kadar fenol yang tinggi pada beras merah dan hitam tampaknya tidak berpengaruh terhadap ketertarikan tungau *A. siro*. Hal tersebut terlihat dari imago tungau *A. siro* yang lebih banyak

Tabel 4. Hasil uji kandungan fenol total beberapa jenis beras (Laboratorium THPP FTP UGM, 2016)

Jenis Beras	Kandungan Fenol Total (mg/g)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata
Beras Putih	2,30	2,30	2,30
Beras Merah	3,77	3,80	3,79
Beras Hitam	2,95	2,96	2,95

hadir dan meletakkan telurnya pada beras merah dan hitam. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Anarson et al. (1994) yang menunjukkan bahwa



kandungan fenol yang tinggi pada biji jagung berpengaruh buruk terhadap kehidupan hama-hama gudang coleopteran *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Curculionidae) dan *Prostephanus truncatus* (Horn) (Bostrichidae). Menurut Sadasivam dan Thayumanavan (2003), senyawa-senyawa fenol berfungsi sebagai salah satu mekanisme ketahanan tanaman terhadap serangan hama. Anarson et al. (1994) menyatakan bahwa senyawa fenol tersebut berperan sebagai senyawa antibiosis. Selain itu, penelitian Astuti et al. (2013) juga mengemukakan bahwa varietas beras giling yang berkadar fenol tinggi lebih tahan terhadap infestasi hama gudang *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae). Sadasivam dan Thayumanavan (2003) menyatakan bahwa kandungan fenol tertinggi pada biji-bijian sereal terdapat pada lapisan pericarp, lapisan aleuron dan dinding sel endosperma. Demikian pula dengan Shibuya (1984) yang mengemukakan bahwa pada biji beras kandungan fenol yang tinggi terdapat di bagian endospermnya. Dipilihnya beras merah dan hitam oleh tungau *A. siro*, disebabkan karena tungau *A. siro* tidak memakan bagian endosperma melainkan hanya pada lembaga biji (Gambar 7). Diduga tungau *A. siro* tertarik oleh senyawa-senyawa lain pada biji beras merah dan hitam, sehingga tungau *A. siro* lebih menyukai hadir dan meletakkan telurnya pada kedua jenis beras tersebut. Penelitian Nowicka et al. (1986) mengenai ketertarikan tungau *Tyrophagus putrescentiae* (Schränk) terhadap berbagai macam senyawa umum pada makanan, menunjukkan bahwa tungau *T. putrescentiae* memperlihatkan ketertarikan positif pada beberapa jenis senyawa asam lemak, trigliserida dan gula alkohol. Di samping itu, Yoshikawa et al. (1972) berpendapat bahwa ketertarikan tungau *T. putrescentiae* pada suatu pakan diakibatkan karena adanya sinergi dari berbagai macam senyawa, bukan dari senyawa tunggal.

Hasil uji korelasi antara jumlah imago betina yang hadir dengan jumlah telur yang diletakkan menunjukkan nilai positif yakni $r=0,984828$ serta nilai koefisien determinasi sebesar $R^2=96,99\%$. Jika nilai r mendekati $-1/+1$ dan nilai R^2 mendekati 100% maka hubungan antara jumlah imago betina yang hadir dengan jumlah telur yang diletakkan semakin erat. Dari hasil tersebut diketahui bahwa semakin tinggi jumlah imago betina yang hadir, maka semakin tinggi pula telur yang diletakkan oleh imago betina tungau *A. siro* pada suatu jenis beras tertentu.



Biologi Tungau *Acarus siro* pada Beras Putih, Merah dan Hitam dalam Kondisi Butiran Utuh dan Patah

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa lama perkembangan pradewasa dan siklus hidup tungau *A. siro* pada beras merah patah berlangsung lebih singkat (16,77 dan 18,57 hari), dibandingkan pada perlakuan beras putih utuh (17,81 dan 19,66 hari) dan patah (17,70 dan 19,60 hari) (Tabel 5). Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap lamanya perkembangan pradewasa dan siklus hidup tungau *A. siro* adalah perbedaan kandungan nutrisi pada tiap jenis beras. Menurut Rodriguez dan Rodriguez (1987), nutrisi yang dibutuhkan oleh tungau meliputi protein, lemak, karbohidrat, mineral, vitamin dan air. Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa kandungan nutrisi pada beras merah dan hitam relatif lebih tinggi dibandingkan pada beras putih (Tabel 6). Huang *et al.* (2013) menyatakan bahwa nutrisi yang lebih tinggi dan lebih baik pada pakan menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan tungau serta serangga berlangsung lebih cepat.

Tabel 6. Kandungan proksimat beberapa jenis beras (Laboratorium LSIH UB, 2016)

Kandungan proksimat (%)	Beras Putih	Beras Merah	Beras Hitam
Karbohidrat	78,60	75,94	75,65
Lemak	0,64	2,28	2,68
Protein	8,40	8,94	8,78
Abu	0,52	1,26	1,51
Kadar air	11,84	11,58	11,38

Biologi tungau *A. siro* yang lebih sesuai pada beras merah dan hitam tampaknya juga disebabkan karena adanya kecukupan dan keseimbangan nutrisi pada kedua jenis beras tersebut. Chapman (2013) mengemukakan bahwa selain kuantitas dan kualitas nutrisi, pertumbuhan yang optimum juga memerlukan adanya keseimbangan antar komponen nutrisi pada pakan, terutama rasio antara protein dan karbohidrat ($P : C$ ratio). Kandungan protein yang terdapat pada beras putih, merah dan hitam berturut-turut yaitu 8,40; 8,94; dan 8,78. Terdapatnya lembaga biji pada beras merah dan hitam menyebabkan kandungan proteinnya lebih tinggi, sehingga perkembangan pradewasa dan siklus hidup tungau *A. siro* berlangsung lebih cepat. Menurut Lu dan Luh (1991) kandungan protein tertinggi pada biji beras terdapat pada bagian lembaganya. Penelitian Liu *et al.* (2007) menyebutkan

Tabel 5. Rerata lama perkembangan pradewasa dan siklus hidup tungau *Acarus siro* pada berbagai jenis dan struktur beras

Perlakuan	Parameter (hari)								
	Telur $\bar{x} \pm SB$	Larva $\bar{x} \pm SB$	Larva Istirahat $\bar{x} \pm SB$	Protonimfa $\bar{x} \pm SB$	Protonimfa Istirahat $\bar{x} \pm SB$	Tritonimfa $\bar{x} \pm SB$	Tritonimfa Istirahat $\bar{x} \pm SB$	Perkembangan Pradewasa $\bar{x} \pm SB$	Siklus Hidup $\bar{x} \pm SB$
Beras Putih Utuh	4,15 $\pm$ 0,18 a	3,55 $\pm$ 0,37 a	1,52 $\pm$ 0,38 c	1,77 $\pm$ 0,21 a	2,01 $\pm$ 0,20 a	2,61 $\pm$ 0,31 b	2,18 $\pm$ 0,37 a	17,81 $\pm$ 1,38 b	19,66 $\pm$ 1,50 b
Beras Merah Utuh	4,15 $\pm$ 0,20 a	3,57 $\pm$ 0,35 a	1,28 $\pm$ 0,31 b	1,73 $\pm$ 0,15 a	1,90 $\pm$ 0,17 a	2,53 $\pm$ 0,23 ab	2,08 $\pm$ 0,36 a	17,27 $\pm$ 1,28 ab	19,12 $\pm$ 1,39 ab
Beras Hitam Utuh	4,15 $\pm$ 0,18 a	3,53 $\pm$ 0,40 a	1,21 $\pm$ 0,21 ab	1,81 $\pm$ 0,17 a	1,91 $\pm$ 0,18 a	2,56 $\pm$ 0,21 ab	2,15 $\pm$ 0,27 a	17,33 $\pm$ 1,20 ab	19,18 $\pm$ 1,43 ab
Beras Putih Patah	4,20 $\pm$ 0,22 a	3,48 $\pm$ 0,39 a	1,31 $\pm$ 0,26 b	1,81 $\pm$ 0,19 a	2,01 $\pm$ 0,22 a	2,66 $\pm$ 0,21 b	2,21 $\pm$ 0,26 a	17,70 $\pm$ 1,26 b	19,60 $\pm$ 1,46 b
Beras Merah Patah	4,16 $\pm$ 0,18 a	3,42 $\pm$ 0,40 a	1,10 $\pm$ 0,14 a	1,70 $\pm$ 0,15 a	1,90 $\pm$ 0,14 a	2,46 $\pm$ 0,14 a	2,02 $\pm$ 0,24 a	16,77 $\pm$ 0,61 a	18,57 $\pm$ 0,89 a
Beras Hitam Patah	4,17 $\pm$ 0,21 a	3,45 $\pm$ 0,40 a	1,17 $\pm$ 0,18 ab	1,76 $\pm$ 0,18 a	1,90 $\pm$ 0,17 a	2,60 $\pm$ 0,22 ab	2,17 $\pm$ 0,28 a	17,23 $\pm$ 1,20 ab	19,03 $\pm$ 1,49 ab
BNT 5%	0,12	0,25	0,16	0,11	0,12	0,14	0,19	0,76	0,88

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf kesalahan 5%, $\bar{x}$ = rerata, dan SB = simpangan baku



bahwa masa perkembangan pradewasa tungau acarid *T. putrescentiae* berlangsung jauh lebih singkat pada pakan yang berkadar protein tinggi. Selain itu, Chapman (2013) menyebutkan bahwa protein merupakan komponen utama dalam pembentukan jaringan tubuh dan morfogenesis, sehingga protein penting untuk pertumbuhan yang optimal.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa imago betina dan jantan tungau *A. siro* hidup lebih lama pada perlakuan beras merah patah. Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa keperidian imago tungau *A. siro* lebih tinggi pada beras merah patah yaitu 53,05 butir (Tabel 7). Perlakuan beras merah patah menunjukkan hasil lama hidup imago dan keperidian tungau *A. siro* yang sama dengan perlakuan beras hitam patah. Sama halnya pada perkembangan pradewasa, faktor nutrisi berpengaruh penting terhadap lama hidup imago dan keperidian tungau *A. siro*. Menurut Huang *et al.* (2013) kandungan nutrisi yang tinggi pada pakan terutama protein dan karbohidrat meningkatkan daya hidup serta keperidian serangga dan tungau. Kandungan protein pada beras merah dan hitam lebih tinggi, sehingga meningkatkan keperidian imago betina tungau *A. siro*. Hasil ini sesuai dengan penelitian Boczek dan Czajkowska (1976) yang menyatakan bahwa keperidian tungau *A. siro* lebih tinggi pada pakan yang berkadar protein dan karbohidrat tinggi, sedangkan keperidian tungau *A. siro* lebih rendah pada pakan yang hanya mengandung lipid. Liu *et al.* (2007) dan Huang *et al.* (2013) juga mengemukakan bahwa keperidian tungau *T. putrescentiae* lebih tinggi pada media perbanyakan yang diperkaya dengan nutrisi tambahan berupa protein dan glukosa dibandingkan pada media perbanyakan dasar.

Imago tungau *A. siro* hidup lebih lama dan keperidiannya lebih tinggi pada perlakuan beras merah dan hitam patah dibandingkan dengan perlakuan beras merah dan hitam utuh. Hal tersebut karena kondisi butiran patah mempermudah tungau *A. siro* untuk memakan bagian lembaga biji yang bernutrisi. Penelitian White *et al.* (2003) mengemukakan bahwa populasi tungau *A. siro* serta 4 spesies tungau gudang lain tumbuh lebih cepat pada biji gandum patah dibandingkan biji utuh. Hal ini juga didukung oleh penelitian Rachna dan Sudha (1994) mengenai perilaku makan tungau *T. putrescentiae* pada biji gandum utuh, patah dan tepung. Penelitian tersebut menyatakan bahwa *T. putrescentiae* lebih menyukai kondisi biji yang telah rusak yaitu patah dan tepung, sehingga populasi tungau tumbuh lebih cepat dibandingkan pada biji utuh.

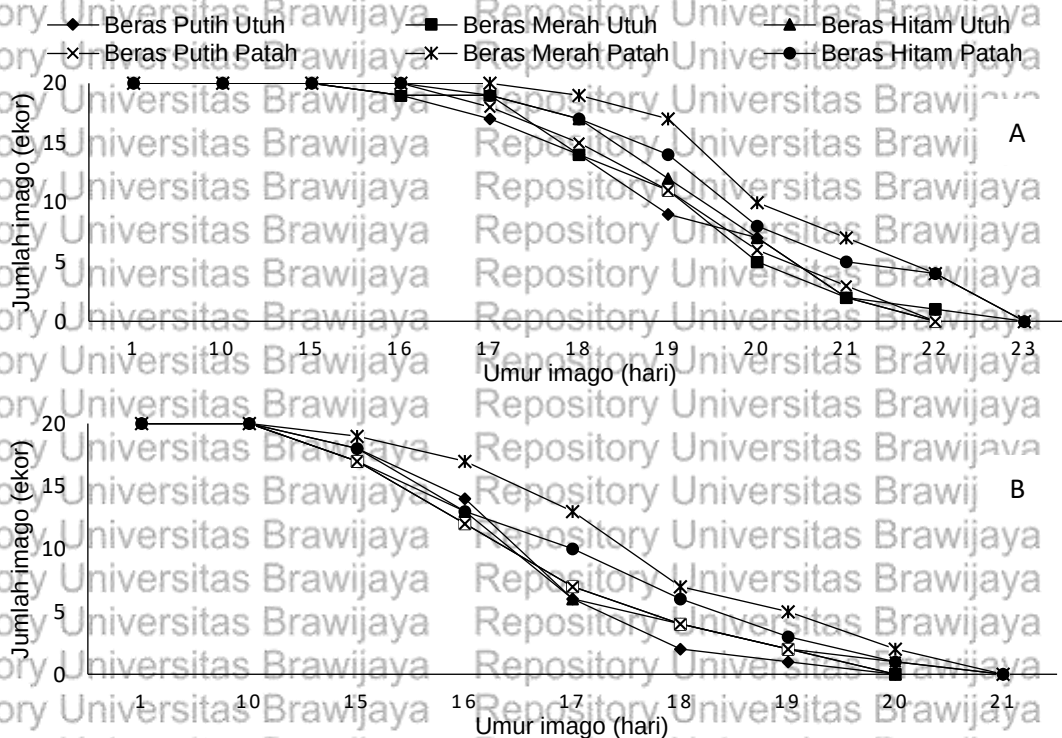
Tabel 7. Rerata lama hidup imago dan keperidian tungau *Acarus siro* pada berbagai jenis dan struktur beras

Perlakuan	Parameter						Produktivitas telur harian per lama hidup betina $\bar{x} \pm SB$ (butir)	Produktivitas telur harian per lama masa oviposisi $\bar{x} \pm SB$ (butir)
	Lama Hidup Imago Betina $\bar{x} \pm SB$ (hari)	Lama Hidup Imago Jantan $\bar{x} \pm SB$ (hari)	Lama Masa Praoviposisi $\bar{x} \pm SB$ (hari)	Lama Masa Oviposisi $\bar{x} \pm SB$ (hari)	Lama Masa Pasacaoviposisi $\bar{x} \pm SB$ (hari)	Keperidian $\bar{x} \pm SB$ (butir)		
Beras Putih Utuh	17,05 $\pm$ 1,23 a	19,40 $\pm$ 1,72 a	1,85 $\pm$ 0,58 a	9,35 $\pm$ 0,93 a	5,85 $\pm$ 0,81 a	44,05 $\pm$ 8,86 a	2,57 $\pm$ 0,40 a	4,68 $\pm$ 0,66 a
Beras Merah Utuh	17,10 $\pm$ 1,55 a	19,55 $\pm$ 1,63 a	1,85 $\pm$ 0,58 a	9,35 $\pm$ 0,98 a	5,90 $\pm$ 1,25 a	45,70 $\pm$ 8,60 ab	2,65 $\pm$ 0,32 ab	4,86 $\pm$ 0,57 a
Beras Hitam Utuh	17,10 $\pm$ 1,51 a	19,80 $\pm$ 1,47 a	1,85 $\pm$ 0,58 a	9,50 $\pm$ 1,19 a	5,75 $\pm$ 0,96 a	45,05 $\pm$ 8,43 ab	2,61 $\pm$ 0,29 ab	4,72 $\pm$ 0,52 a
Beras Putih Patah	17,15 $\pm$ 1,66 a	19,65 $\pm$ 1,56 a	1,90 $\pm$ 0,64 a	9,45 $\pm$ 1,14 a	5,80 $\pm$ 1,10 a	45,35 $\pm$ 8,02 ab	2,63 $\pm$ 0,31 ab	4,78 $\pm$ 0,46 a
Beras Merah Patah	18,15 $\pm$ 1,66 b	20,85 $\pm$ 1,49 b	1,80 $\pm$ 0,61 a	10,20 $\pm$ 1,32 b	6,15 $\pm$ 1,08 a	53,05 $\pm$ 8,06 c	2,91 $\pm$ 0,24 c	5,20 $\pm$ 0,41 b
Beras Hitam Patah	17,55 $\pm$ 1,73 ab	20,20 $\pm$ 1,57 ab	1,80 $\pm$ 0,61 a	9,90 $\pm$ 1,44 ab	5,85 $\pm$ 0,93 a	49,40 $\pm$ 9,23 bc	2,79 $\pm$ 0,26 bc	4,96 $\pm$ 0,31 ab
BNT 5%	0,94	1,02	0,36	0,69	0,63	4,98	0,18	0,31

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf kesalahan 5%, $\bar{x}$ = rerata, dan SB = simpangan baku



Berdasarkan kurva hubungan antara umur imago dengan jumlah imago tungau *A. siro* per hari menunjukkan bahwa penurunan jumlah imago jantan mulai terjadi pada hari ke 16, dan keduapuluh imago jantan mati pada hari ke 23. Sedangkan penurunan jumlah imago betina mulai terjadi pada hari ke 15, dan keduapuluh imago betina mati pada hari ke 21 (Gambar 9). Dari hasil tersebut, diketahui bahwa lama hidup imago tungau *A. siro* jantan lebih lama dibandingkan dengan imago betina. Hasil penelitian yang sama juga diperoleh pada spesies



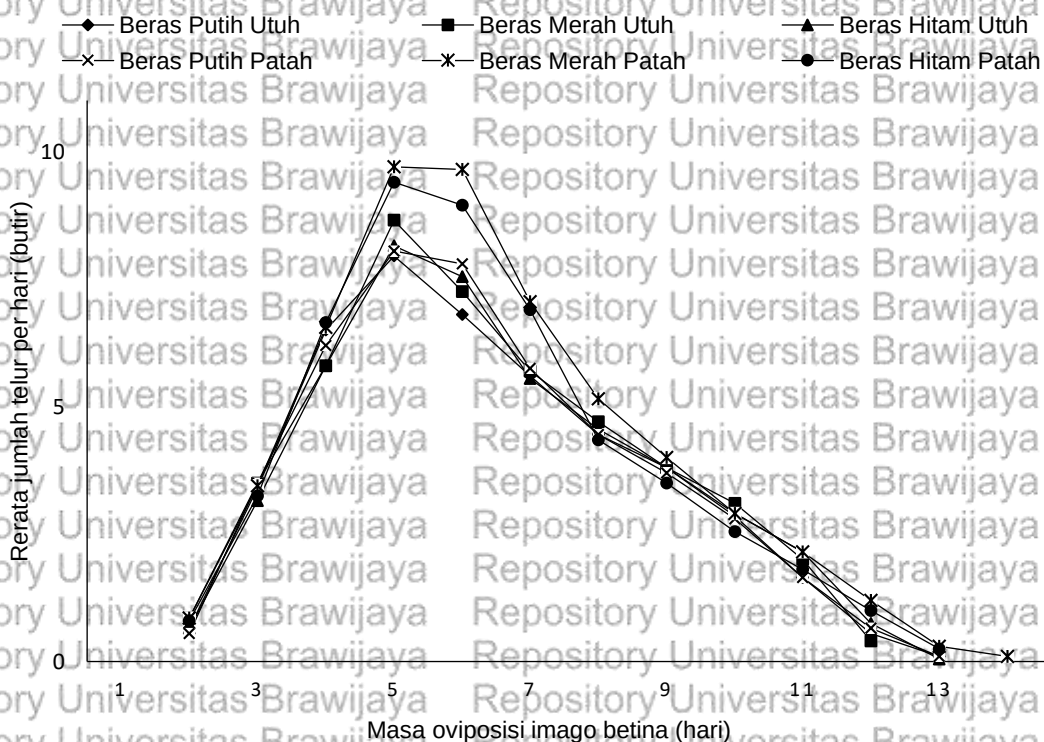
Gambar 9. Kurva hubungan umur imago dan jumlah imago tungau *Acarus siro* per hari pada berbagai jenis dan struktur beras, A: imago jantan, B: imago betina

tungau astigmatid yang lain, yaitu pada *Rhizoglyphus robini* Claparede (Fashing dan Hefe, 1991) dan pada *T. putrescentiae* (Ramos dan Castanera, 2005). Tungau *A. siro* betina lebih banyak menggunakan energinya untuk kepentingan reproduktif (*reproductive cost*) yaitu dalam kopulasi, produksi telur dan oviposisi sehingga lama hidupnya akan lebih singkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Boggs (2009) yang mengemukakan bahwa dalam *life-history* imago betina, selalu terdapat *trade-off* antara kesintasan dengan reproduksinya. Partridge *et al.* (1987) menyebutkan bahwa reproduksi merupakan aktivitas yang membutuhkan banyak



energi, sehingga produktivitas telur yang tinggi akan menurunkan lama hidup imago. Hasil penelitian Szlendak dan Kraszpuski (1991) menyatakan bahwa imago betina tungau *A. siro* mengalokasikan 55% total asupan energinya hanya dalam proses pembentukan dan produksi telur. Selain itu, menurut Parkinson *et al.* (1991) kematian imago betina tungau *A. siro* yang lebih cepat menyebabkan imago jantan hidup lebih lama akibat adanya pengurangan penggunaan energi dalam proses gametogenesis dan kopulasi.

Berdasarkan kurva hubungan masa oviposisi imago betina dengan rerata jumlah telur per hari, diketahui bahwa oviposisi tungau *A. siro* pada seluruh perlakuan menunjukkan pola yang sama (Gambar 10). Rerata jumlah telur harian pada awal masa oviposisi rendah, namun meningkat pada hari ke 4 dan ke 5 masa



Gambar 10. Kurva hubungan masa oviposisi imago betina dan rerata jumlah telur per hari tungau *Acarus siro* pada berbagai jenis dan struktur beras

oviposisi. Setelah melewati masa puncak oviposisinya, produktivitas telur harian tungau *A. siro* menurun secara berkala hingga masa oviposisi berakhir dan imago betina mati. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Cunningham (1985) yang menyatakan bahwa oviposisi tungau *A. siro* mengikuti pola yang jelas dan khusus. Pada kondisi lingkungan yang sesuai, terdapat masa puncak peneluran selama



3-4 hari di awal masa oviposisi, kemudian produktivitas telur harian lambat laun akan menurun.

Nisbah Kelamin dan Reproduksi Tungau *Acarus siro*

Dari hasil penelitian, diketahui bahwa nisbah kelamin tungau *A. siro* pada pakan berupa ragi dengan suhu lebih kurang 28°C serta kelembapan nisbi sekitar 70% adalah 1 : 1,1. Berdasarkan nilai tersebut diketahui bahwa rasio jantan dan betina pada tungau *A. siro* adalah sama. Nilai nisbah kelamin dapat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, tetapi tampaknya pada tungau *A. siro*, suhu serta jenis pakan tidak berpengaruh. Hasil penelitian Boczek dan Davis (1985) mengenai pengaruh berbagai suhu pada tungau *A. siro* mengemukakan bahwa suhu tidak berpengaruh terhadap nisbah kelamin tungau *A. siro*. Penelitian tersebut menyatakan bahwa nisbah kelamin tungau *A. siro* pada suhu 14°, 21° dan 28°C dengan kelembapan nisbi 85% adalah tetap, yakni dengan rentang 1 : 0,806-1,171. Penelitian Chmielewski (2000) mengenai parameter hidup tungau *A. siro* pada dua jenis pakan, yaitu biji soba dan polen, juga menyatakan bahwa nisbah kelamin pada kedua jenis pakan adalah tetap yaitu 1 : 1.

Dari hasil pengamatan, diketahui bahwa tungau *A. siro* tidak dapat melakukan reproduksi aseksual melalui partenogenesis. Hal tersebut diketahui dari hasil percobaan dengan cara menempatkan imago-imago betina yang belum kawin ke dalam arena percobaan tanpa diberikan imago jantan. Setelah dibiarkan selama tujuh hari, hasil pengamatan menunjukkan bahwa tidak ditemukan adanya telur pada arena percobaan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa reproduksi pada tungau *A. siro* hanya dilakukan secara seksual melalui kopulasi. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Collof (2009) bahwa tungau-tungau pada superfamili Acaroidea berkembang biak secara seksual obligat.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian preferensi dan biologi tungau *A. siro* pada beras putih, merah dan hitam dalam kondisi butiran utuh dan patah dapat disimpulkan bahwa:

1. Imago tungau *A. siro* lebih menyukai hadir dan meletakkan telurnya pada beras merah patah dan beras hitam patah dibandingkan beras putih utuh, beras merah utuh, beras hitam utuh dan beras putih patah.
2. Perkembangan tungau *A. siro* lebih baik pada beras merah patah dan beras hitam patah dibandingkan beras putih utuh, beras merah utuh, beras hitam utuh dan beras putih patah.
3. Beras merah patah dan beras hitam patah merupakan pakan yang disukai dan sesuai untuk perkembangan tungau *A. siro*.

Saran

Tungau *A. siro* mampu menginfestasi biji beras. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dalam skala lapang untuk mengetahui kelimpahan populasi tungau *A. siro* pada beras di tempat penyimpanan. Selain itu, diperlukan pula penelitian lanjutan pada berbagai varietas masing-masing jenis beras.

Suhu dan kelembapan nisbi udara berpengaruh terhadap kehidupan tungau *A. siro*, disarankan untuk menjaga kondisi suhu dan kelembapan nisbi udara pada laboratorium atau arena percobaan yang optimum bagi kehidupan tungau *A. siro* yaitu pada suhu 18-22° C dan kelembapan nisbi udara sekitar 75-85%.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. Bringing hope, improving lives: Strategic plan 2007–2015. IRRRI, Manila, Philippine
- Anonim. 2016. FAOSTAT. Diunduh dari <http://faostat.fao.org/> pada 30 Januari 2016
- Armitage, D. M., 1980. The effect of aeration on the development of mite populations in rapeseed. J. Stored Prod. Res. 16:93–102
- Armitage, D. M., L. M. Stables. 1984. Effects of aeration on established insect infestations in bins of wheat. Prot. Ecol. 6:63–73
- Arnason, J. T., B. C. de Beyssac, B. J. R. Philogene, D. Bergvinson, J. A. Serratos, J. A. Mihm. 1994. Mechanism of resistance in maize grain to the maize weevil and larger grain borer. Hlm. 91-95. Dalam Mihm, J. A. (Ed.). Insect Resistant Maize, Recent Advances and Utilization. Proceeding of International Symposium held at CIMMYT
- Astuti, L. P., G. Mudjiono, S. Ch. Rasminah, B. T. Rahardjo. 2013. Susceptibility of Milled Rice Varieties to the Lesser Grain Borer (*Rhyzopertha dominica* F.). J. Agric. Sci. 5(2): 145-149
- Athanassiou, C. G., N. G. Kavallieratos, N. E. Palyvos, A. Sciarretta, P. Trematerra. 2005. Spatio temporal distribution of insects and mites in horizontally stored wheat. J. Econ. Entomol. 98:1058–1069
- Beckel, H. S., I. Lorini, M. N. Lazzari. 2007. Rearing method of *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera, Silvanidae) on various wheat grain granulometry. Rev. Bras. Entomol. 51(4):501-505
- Bhargava, M. C., K. C., Kumawat. 2010. Pests of stored grains and their management. New India Publishing Agency, New Delhi
- Boczek, J., B. Czajkowska. 1976. Studies on the fecundity of acarid mites. EPPO Bull. 6(4): 323-330
- Boggs, C. L. 2009. Understanding insect life histories and senescence through a resource allocation lens. Funct. Ecol. 23: 27-37
- Champagne, E. 2008. Rice aroma and flavor: A literatur review. Cer. Chem. 85: 445-454
- Chanbang, Y., F. H. Arthur, G. E. Wildec, J. E. Throne. 2008. Hull characteristics as related to susceptibility of different varieties of rough rice to *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 44:205-212
- Chapman, R. F. 2013. The insect structure and function. Cambridge University Press, Cambridge, England
- Chmielewski, W. 2000. Life history parameters of *Acarus siro* L. (Acari: Acaridae) fed buckwheat. Fagopyrum 17: 73-75
- Cohen, A. C. 2004. Insect diets science and technology. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA



Collins, D. A. 2012. A review on the factors affecting mite growth in stored grain commodities. *Exp. Appl. Acarol.* 56:191-208

Colloff, M. J. 2009. Dust mites. CSIRO Publishing, Australia

Connor, B. M. 2009. Cohort Astigmatina. Hlm 565-568. Dalam Krantz, G. W., D. E. Walter (Ed.). *A manual of Acarology* 3rd edition. Texas Tech University Press, Lubbock, Texas, USA

Cunnington, A. M. 1965. Physical limits for complete development of the grain mite *Acarus siro* (Acarina, Acaridae), in relation to its world distribution. *J. Appl. Ecol.* 2:295-306

Cunnington, A. M. 1984. Resistance of the grain mite *Acarus siro* L. (Acarina, Acaridae) to unfavourable physical conditions beyond the limits of its development. *Agric. Ecos. Environ.* 11:319-339

Cunnington, A. M. 1985. Factors affecting oviposition and fecundity in the grain mite *Acarus siro* L. (Acarina: Acaridae), especially temperature and relative humidity. *Exp. Appl. Acarol.* 1:327-344

de Lumen, B. O., H. Chow. 1991. Nutritional quality of rice endosperm. Hlm 363-395. Dalam Luh, B. S. (Ed.). *Rice, Volume II, Utilization*, 2nd Edition. Springer Science+Busines Media, New York

Emekci, M., S. Toros. 1989. *Acarus siro* L. (Acarina, Acaridae) 'nun degisik sicaklik ve nem ortamlarindaki gelismesi uzerinde arastirmalar. *Türkiye Entomol. Derg.* 13: 217-228

Fashing, N. J., W. J. Hefe. 1991. Biology of *Rhizoglyphus robini* (Astigmata: Acaridae) reared on Bot and Meyer artificial medium. Hlm. 499-503. Dalam Dushabek, F., V. Bukva (Ed.). *Modern Acarology*, Academia, Prague

Griffiths, D. A. 1966. Nutrition as a factor influencing hypopus formation in the *Acarus siro* species complex (Acarina, Acaridae). *J. Stored Prod. Res.* 1:325-340

Griffiths, D. A., A. C. Hodson, C. M. Christensen. 1959. Grain storage fungi associated with mites. *J. Econ. Entomol.* 52:514-518

Hagstrum, D. W., T. Klejdysz, B. Subramanyam, J. Nawrot. 2013. *Atlas of stored-product insects and mites*. AACCI Press, USA

Heinrichs, E. A., E. G. Medrano, H. R. Rapusas. 1985. Genetic evaluation for insect resistance in rice. International Rice Research Institute

Hoy, M. A. 2011. *Agricultural acarology: Introduction to integrated mite management*. CRC Press, USA

Huang, H., X. Xu, J. Lu, G. Li, E. Wang, Y. Gao. 2013. Impact of proteins and saccharides on mass production of *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae) and its predator *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae). *Biocont. Sci. Tech.* 23(11):1231-1244

Hubert, J., V. Stejskal, Z. Munzbergova, A. Kubatova, M. Vanova, E. Zdarkova. 2004^a. Mites and fungi in heavily infested stored in the Czech Republic. *J. Econ. Entomol.* 97:2144-2153



Hubert, J., V. Jarosik, J. Mourek, A. Kubatova, E. Zdarkova. 2004^b. Astigmatid mite growth and fungi preference (Acarida: Acaridida): Comparisons in laboratory experiments. *Pedobiologia* 48:205-214

Hubert, J., Z. Kučerová, R. Aulicky, M. Nesvorná, V. Stejskal. 2009. Differential levels of mite infestation of wheat and barley in Czech grain stores. *Insect Sci.* 16:255-262

Hubert, J., L. D. Maresova, J. Hyblova, I. Kudlikova, V. Stejskal, M. Mares. 2005. *In vitro* and *in vivo* of α -amylases of stored-product mites *Acarus siro*. *Exp. Appl. Acarol.* 35:281-291

Hubert, J., Z. Münzbergová, Z. Kučerová, V. Stejskal. 2006. Comparison of communities of stored product mites in grain mass and grain residues in the Czech Republic. *Exp. Appl. Acarol.* 39:149–158

Hubert, J., S. Pekár, R. Aulicky, M. Nesvorná, V. Stejskal. 2013. The effect of stored barley cultivars, temperature, and humidity on population increase of *Acarus siro*, *Lepidoglyphus destructor*, and *Tyrophagus putrescentiae*. *Exp. Appl. Acarol.* 60:241-252

Hughes, A. M. 1976. The mites of stored food and houses. HMSO, London

Kalshoven, L. G. E. 1981. The pests of crops in Indonesia. van der Laan P. A., penerjemah. Ichtia Baru van Hoeve, Jakarta. Terjemahan dari: De plagen van de cultuurgewassen in Indonesie

Knülle, W. 1987. Genetic variability and ecological adaptability of hypopus formation in stored product mite. *Exp. Appl. Acarol.* 3:21-32

Krantz, G. W., D. E. Walter. (Ed.) 2009. A manual of acarology 3rd edition. Texas Tech University Press, Lubbock, Texas, USA

Kučerová, Z., V. Stejskal. 2009. Morphological diagnosis of the eggs of stored-products mites. *Exp. Appl. Acarol.* 49:173-183

Kushwaha, U. K. S. 2016. Black rice research, history and development. Springer International Publishing, Switzerland

Lantin, R. 1999. Rice: Post-harvest operations. Post-harvest compendium. Diunduh dari <http://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/cereals-grains/en/> pada tanggal 30 Januari 2016

Liu, T., D. C. Jin, J. J. Guo. 2007. Laboratory population life table of *Tyrophagus putrescentiae* at different temperatures. *Plant Prot.* 33: 50-57

Lu, S., B. S. Luh. 1991. Properties of the rice caryopsis. Hlm. 489. Dalam Luh, B. S. (Ed.). Rice, Volume 1, Production, 2nd Edition. Springer Science+Business Media, New York

Mutert, E., T. H. Fairhurst. 2002. Developments in rice production in Southeast Asia. Better Crops International 15

Nowicka, D. P., J. Boczek, R. Davis. 1986. Attraction by selected organic compounds to *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79(2): 293-299



Okabe, K., B. M. Oconnor. 2001. A method for both mass and individual rearing of fungivorous astigmatid mites (Acari). Exp. Appl. Acarol. 25(6):493-504

Palyvos, N. E., N. G. Emmanouel. 2006. Seasonal abundance and vertical distribution of mites in flat storage containing wheat. Phytoparasitica 34:25-36

Panuju, D. R., K. Mizuno, B. H. Trisasongko. 2013. The dynamics of rice production in Indonesia 1961-2009. J. Saudi Soc. Agric. Sci. 12:27-37

Parkinson, C. L. 1990. Population increase and damage by three species of mites on wheat at 20°C and two humidities. Exp. Appl. Acarol. 8: 179-193

Parkinson, C. L., C. A. Barron, S. M. Barker, A. C. Thomas, D. M. Armitage. 1991. Longevity and fecundity of *Acarus siro* on four field and eight storage fungi. Exp. Appl. Acarol. 11: 1-8

Partridge, L., K. Fowler, S. Trevitt, W. Sharp. 1987. Effects of egg production and of exposure to males and female survival in *Drosophila melanogaster*. J. Insect Physiol. 32: 925-929

Pedersen, J. R. 1992. Insects: Identification, damage, and detection. Hlm. 435-489. Dalam Sauer, D. B. (Ed.). Storage of cereal grains and their products 4th edition. AACC, USA

Rachna, K., M. Sudha. 1994. Feeding behaviour of an acarid mite, *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank). Crops Res. Hisar 7(3): 466-472

Ramos, I. S., P. Castanera. 2005. Effect of temperature on reproductive parameters and longevity of *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). Exp. Appl. Acarol. 36: 93-105

Rodriguez, J. G., L. D. Rodriguez. 1987. Nutritional ecology of stored-product and house dust mites. Hlm. 345-368. Dalam Slansky, F., J. G. Rodriguez (Ed.). Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, USA

Romdon, A. S., E. Kurniyati, S. Bahri, J. Promono. 2014. Kumpulan deskripsi varietas padi. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah

Sadasivam, S., Thayumanavan. 2003. Molecular host plant resistance to pests. Marcell Dekker, Inc. USA

Saenkod, C., Z. Liu, J. Huang, Y. Gong. 2013. Anti-oxidative biochemical properties of extracts from some Chinese and Thai varieties. African J. Food Sci. 7(9): 300-305

Shibuya, N. 1984. Phenolic acids and their carbohydrate ester in rice endosperm walls. Phytochemistry 23: 2233-2237

Sinha, R. N. 1979. Role of Acarina in the stored grain ecosystem. Hlm. 263-272. Dalam Rodriguez, J. G. (Ed.). Recent advances in acarology, vol. 1. Academic, London, Britain

Sjam, S. 2014. Hama pascapanen dan strategi pengendaliaanya. IPB Press, Bogor



Skubala, P., A. Marzec, M. Sokolowska. 2006. Accidental acarophagy: mites on fruits, vegetables, and mushrooms. *Biological Lett* 43(2):249-255

Smiley, R. L. 1991. Mites (Acari). Hlm. 3-44. Dalam Gorham, J. R. (Ed.). *Insect and mite pest in food: An illustrated key*. USDA Agriculture Handbook No. 655. United States Department of Agriculture, Washington DC, USA

Solomon, M. E. 1946. Tyroglyphid mites in stored products: Nature and amount of damage to wheat. *Ann. Appl. Biol.* 33:280-289

Solomon, M. E. 1962. Ecology of the flour mite, *Acarus siro* L. (= *Tyroglyphus farinae* DeG). *Ann. Appl. Biol.* 50:178-184

Solomon, M. E. 1969. Establishment, growth and decline of populations of the grain mite *Acarus siro* L. on a handful of wheat. Hlm. 255-260. Dalam Evans, G. O. (Ed.). *Proceeding of 2nd International Congress Acarology*.

Stejskal, V., J. Hubert. 2008. Risk of occupational allergy to stored grain arthropods and false pest-risk perception in Czech grain stores. *Ann. Agric. Environ. Med.* 15:29-35

Suprihatno, B., A. A. Daradjat, Satoto, S. E. Baehaki, I. N. Widiarta, A. Setyono, S. D. Indrasari, O. S. Lesmana, H. Sembiring. 2009. *Deskripsi Varietas Padi*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

Szlendak, E., J. Boczek, W. Bruce, R. Davis. 1985. Effect of gamma-radiated males on egg production in *Acarus siro*. *Flor. Entomol.* 68(2):286-290

Szlendak, E., P. Kraszpulski. 1991. Energy budget of the grain mite, *Acarus siro* (Acari: Acaridae). *Exp. Appl. Acarol.* 10: 221-230

Trigo-Stockli, D. M., J. R. Pedersen Effect of rice storage conditions on the quality of milled rice. Hlm. Dalam Highley, E., E. J. Wright, H. J. Banks, B. R. Champ. (Ed). *Proceedings of the 6th international working conference on stored-product protection*. CAB International, Wallingford, Britain

Wadsworth, J. I. 1991. Milling. Hlm. 347-388. Dalam Luh, B. S. (Ed.). *Rice, Volume 1, Production*, 2nd Edition. Springer Science+Busines Media, New York

White, N. D. G., C. J. Demianyk, D. S. Jayas. 2003. Multiplication of stored-product mites on canadian wheat and oilseed cultivars. Hlm. 402-405. Dalam Credland, P. F., D. M. Armitage, C. H. Bell, P. M. Cogan, E. Highley. (Ed.). *Advances in stored product protection. Proceedings of 8th international working conference on stored-product protection*. CABI Publishing, York, Wallingford, Britain

White, N. D. G., L. P. Henderson, R. N. Sinha. 2003. Effects of infestation by three stored-product mites on fat acidity, seed germination, and microflora of stored wheat. *J. Econ. Entomol.* 72:763-766

Wilbur, D. A. 1971. Stored grain insects. Hlm. 495-522. Dalam Pfadt, R. E., L. R. Brown. (Ed.). *Fundamentals of applied entomology*. Macmillan Publishing, New York, USA

Wilkin, D. R., L. Stables. 1985. The effects of dusts containing etrimfos, methacrifos or pirimiphos-methyl on mites in the surface layers of stored barley. *Exp. Appl. Acarol.* 1:203-211



Yoshikawa, T., I. Yamamoto., R. Yamamoto, 1972. Isolation and structural elucidation of cheese component, which attract cheese mite *Tyrophagus putrescentiae*. Memoirs Tokyo Univ. Agric. 15: 1-29

Zaher, M. A., M. I. Mohamed, S. M. Abdel-Halim, 1986. Incidence of mites associated with stored seeds and food products in upper Egypt. Exp. Appl. Acarol. 2:19-24

Zhang, Z. Q. 2003. Mites of greenhouse: identification, biology and control. CABI Publishing, Wallingford, UK

LAMPIRAN



Tabel lampiran 1. Analisis ragam jumlah imago betina tungau *Acarus siro* yang hadir pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	0	9	0	0	2,10
Perlakuan	189,93	5	37,98	18,75*	2,39
Galat	109,40	45	2,43		
Total	299,33	59	5,07		

Tabel lampiran 2. Analisis ragam jumlah imago jantan tungau *Acarus siro* yang hadir pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	0	9	0	0	2,10
Perlakuan	223,53	5	44,70	30,25*	2,39
Galat	79,80	45	1,77		
Total	303,33	59	5,14		

Tabel lampiran 3. Analisis ragam jumlah total imago tungau *Acarus siro* yang hadir pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	0	9	0	0	2,10
Perlakuan	820,73	5	164,14	28,35*	2,39
Galat	312,60	45	6,94		
Total	1133,33	59	19,20		

Tabel lampiran 4. Analisis ragam jumlah telur yang diletakkan tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	1997	9	221,92	0,86	2,10
Perlakuan	22423	5	4484,63	17,56*	2,39
Galat	11492	45	255,38		
Total	35912	59	608,69		



Tabel lampiran 5. Analisis ragam lama stadium telur tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	0,67	19	0,03	0,85	1,69
Perlakuan	0,04	5	0	0,19	2,31
Galat	3,97	95	0,04		
Total	4,68	119	0,03		

Tabel lampiran 6. Analisis ragam lama stadium larva tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	2,20	19	0,11	0,72	1,69
Perlakuan	0,35	5	0,07	0,44	2,31
Galat	15,18	95	0,15		
Total	17,74	119	0,14		

Tabel lampiran 7. Analisis ragam lama stadium larva istirahat tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	1,19	19	0,06	0,86	1,69
Perlakuan	2,16	5	0,43	5,96*	2,31
Galat	6,90	95	0,07		
Total	10,27	119	0,08		

Tabel lampiran 8. Analisis ragam lama stadium protonimfa tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	0,57	19	0,03	0,89	1,69
Perlakuan	0,19	5	0,03	1,13	2,31
Galat	3,20	95	0,03		
Total	3,96	119	0,03		



Tabel lampiran 9. Analisis ragam lama stadium protonimfa istirahat tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	0,42	19	0,02	0,60	1,69
Perlakuan	0,32	5	0,06	1,74	2,31
Galat	3,50	95	0,03		
Total	4,24	119	0,03		

Tabel lampiran 10. Analisis ragam lama stadium tritonimfa tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	1,26	19	0,06	1,32	1,69
Perlakuan	0,47	5	0,09	2,88*	2,31
Galat	4,80	95	0,05		
Total	6,54	119	0,05		

Tabel lampiran 11. Analisis ragam lama stadium tritonimfa istirahat tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	1,67	19	0,08	0,94	1,69
Perlakuan	0,49	5	0,09	1,07	2,31
Galat	8,80	95	0,09		
Total	10,97	119	0,09		

Tabel lampiran 12. Analisis ragam lama perkembangan pradewasa tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	19,19	19	1,01	0,68	1,69
Perlakuan	13,70	5	2,74	2,84*	2,31
Galat	141,05	95	1,48		
Total	173,95	119	1,46		



Tabel lampiran 13. Analisis ragam lama siklus hidup tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	29,64	19	1,56	0,78	1,69
Perlakuan	15,93	5	3,18	2,59*	2,31
Galat	189,90	95	1,99		
Total	235,48	119	1,97		

Tabel lampiran 14. Analisis ragam lama hidup imago betina tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	67,30	19	3,54	1,57	1,69
Perlakuan	18,70	5	3,74	2,66*	2,31
Galat	213,30	95	2,24		
Total	299,30	119	2,51		

Tabel lampiran 15. Analisis ragam lama hidup imago jantan tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	31,49	19	1,65	0,62	1,69
Perlakuan	28,74	5	5,74	3,15*	2,31
Galat	253,75	95	2,67		
Total	313,99	119	2,63		

Tabel lampiran 16. Analisis ragam lama masa praoviposisi imago betina tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	9,15	19	0,48	1,40	1,69
Perlakuan	0,14	5	0,02	0,08	2,31
Galat	32,69	95	0,34		
Total	41,99	119	0,35		



Tabel lampiran 17. Analisis ragam lama masa oviposisi imago betina tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	42,62	19	2,24	1,81*	1,69
Perlakuan	12,07	5	2,41	2,95*	2,31
Galat	117,42	95	1,23		
Total	172,12	119	1,44		

Tabel lampiran 18. Analisis ragam lama masa pascaoviposisi tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	25,03	19	1,31	1,28	1,69
Perlakuan	1,96	5	0,39	0,38	2,31
Galat	97,36	95	1,02		
Total	124,36	119	1,04		

Tabel lampiran 19. Analisis ragam produktivitas telur harian per lama hidup imago betina tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	2,65	19	0,13	1,54	1,69
Perlakuan	1,65	5	0,33	3,66*	2,31
Galat	8,60	95	0,09		
Total	12,91	119	0,10		

Tabel lampiran 20. Analisis ragam produktivitas telur harian per lama masa oviposisi tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	5,45	19	0,28	1,13	1,69
Perlakuan	3,58	5	0,71	2,83*	2,31
Galat	23,97	95	0,25		
Total	33,01	119	0,27		



Tabel lampiran 21. Analisis ragam keperidian imago betina tungau *Acarus siro* pada beberapa jenis dan struktur beras

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok	2340,46	19	123,18	1,95*	1,69
Perlakuan	1184,40	5	236,88	3,75*	2,31
Galat	5989,93	95	63,05		
Total	9514,80	119	79,95		

Tabel Lampiran 22. Suhu dan kelembapan nisbi harian Laboratorium Hama 3 pada tanggal 01 Agustus 2016 - 31 Januari 2017

Tanggal	Suhu (°C)	Kelembapan nisbi (%)
01 Agustus 2016	28,50	68,50
02	29,00	68,62
03	29,12	67,12
04	29,25	66,37
05	29,37	67,50
06	29,12	64,75
07	29,50	64,75
08	29,62	70,25
09	29,75	69,25
10	29,00	66,50
11	29,00	66,87
12	28,62	67,25
13	28,50	68,50
14	28,50	69,62
15	29,25	65,00
16	29,50	64,50
17	29,50	64,75
18	29,00	64,00
19	29,00	68,00
20	29,00	65,25
21	29,00	65,50
22	29,00	64,75
23	29,00	68,75
24	29,00	64,75
25	29,12	65,25
26	19,62	67,25
27	19,62	63,75
28	19,37	64,25
29	29,62	69,75
30	29,50	64,87
31	29,62	70,87
1 September 2016	29,75	69,12

(Berlanjut)



Tabel Lampiran 22. Lanjutan

Tanggal	Suhu (°C)	Kelembapan nisbi (%)
2	28,87	69,87
3	29,37	61,62
4	28,50	66,75
5	28,75	65,25
6	29,50	70,00
7	29,12	65,75
8	29,25	69,75
9	29,25	67,75
10	29,37	68,50
11	29,37	67,75
12	29,00	70,00
13	28,50	69,25
14	28,87	69,37
15	29,37	62,75
16	29,25	69,50
17	29,12	65,75
18	29,12	70,75
19	29,37	70,50
20	29,37	67,75
21	30,00	60,25
22	29,75	65,75
23	30,00	64,25
24	29,25	64,00
25	29,12	68,25
26	29,12	65,75
27	29,12	62,00
28	29,12	69,00
29	29,00	66,75
30	29,37	69,75
1 Oktober 2016	27,75	69,00
2	28,25	69,75
3	28,75	71,00
4	28,50	67,75
5	28,50	66,00
6	28,50	71,75
7	29,12	69,50
8	29,00	68,75
9	28,25	76,25
10	28,37	72,75
11	28,00	68,25
12	28,75	69,75
13	28,75	67,25
14	29,25	65,25
15	29,25	70,75
16	29,25	69,25

(Berlanjut)



Tabel Lampiran 22. Lanjutan

Tanggal	Suhu (°C)	Kelembapan nisbi (%)
17	29,50	67,00
18	29,50	68,50
19	29,50	70,25
20	29,50	70,87
21	29,00	67,50
22	29,00	65,75
23	29,00	68,00
24	28,50	67,75
25	28,50	71,25
26	28,75	72,25
27	28,25	74,00
28	28,75	67,75
29	28,75	68,75
30	28,25	70,25
31	28,50	69,50
1 November 2016	28,00	70,75
2	28,13	72,75
3	28,63	71,25
4	29,25	68,00
5	29,00	70,50
6	29,00	66,25
7	29,50	65,25
8	29,37	67,50
9	28,75	75,50
10	28,12	75,50
11	27,62	68,50
12	28,62	71,25
13	28,37	78,75
14	28,50	75,50
15	28,87	71,50
16	28,75	70,25
17	28,62	69,50
18	29,00	70,75
19	28,87	72,50
20	28,12	77,00
21	27,62	71,00
22	28,62	75,50
23	28,50	71,50
24	28,62	72,00
25	28,12	74,00
26	28,50	71,50
27	28,50	72,00
28	28,50	70,00
29	28,62	68,00
30	28,50	70,50

(Berlanjut)



Tabel Lampiran 22. Lanjutan

Tanggal	Suhu (°C)	Kelembapan nisbi (%)
1 Desember 2016	28,37	71,50
2	28,75	72,75
3	28,50	80,00
4	28,25	83,50
5	28,50	78,25
6	28,25	71,50
7	28,12	70,25
8	28,37	78,00
9	28,25	71,75
10	28,25	70,75
11	28,62	71,50
12	28,75	67,75
13	28,37	72,25
14	28,62	70,75
15	28,87	69,00
16	28,50	79,00
17	28,37	80,12
18	28,25	72,12
19	28,50	70,50
20	29,12	68,50
21	29,25	70,50
22	29,12	70,25
23	29,25	75,75
24	29,37	71,75
25	29,12	67,50
26	28,62	68,50
27	28,87	70,75
28	28,75	69,50
29	28,87	69,25
30	29,00	70,12
31	28,87	69,87
1 Januari 2017	28,75	70,25
2	28,87	68,75
3	28,50	73,25
4	28,12	69,25
5	28,75	71,00
6	28,87	75,12
7	28,50	69,50
8	28,25	71,25
9	28,75	70,50
10	28,50	69,50
11	28,50	71,50
12	28,25	69,00
13	28,62	75,25
14	28,25	67,50

(Berlanjut)

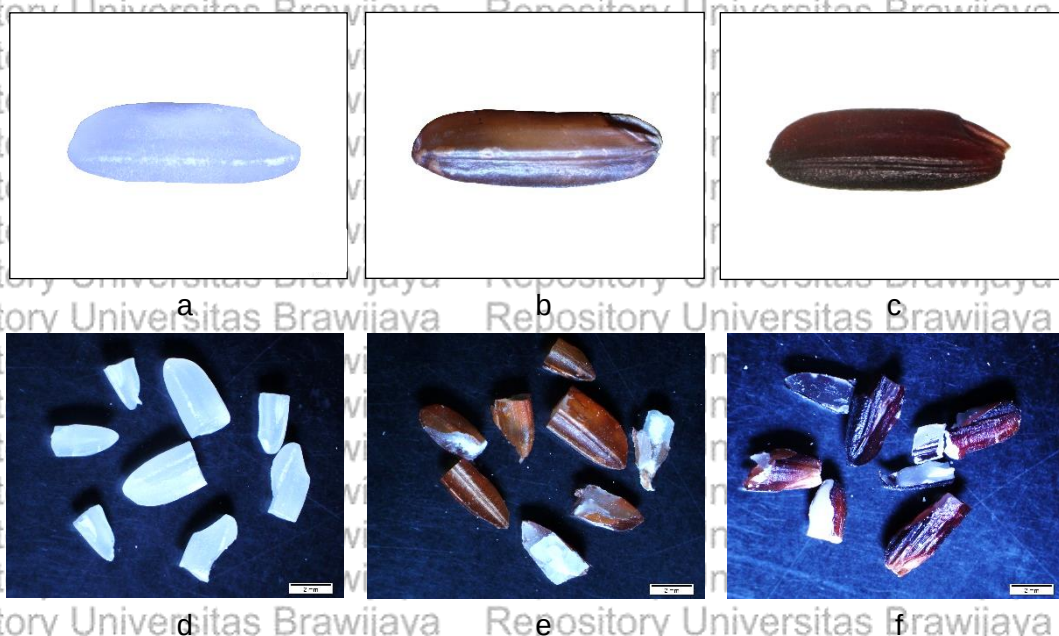


Tabel Lampiran 22. Lanjutan

Tanggal	Suhu (°C)	Kelembapan nisbi (%)
15	28,62	75,25
16	28,75	75,00
17	28,87	68,25
18	28,62	70,25
19	28,50	68,00
20	29,00	68,25
21	29,12	75,50
22	29,00	74,00
23	28,25	79,00
24	28,62	76,50
25	28,50	79,87
26	28,50	77,37
27	28,62	80,12
28	28,25	76,37
29	28,12	79,50
30	28,25	79,00
31	27,87	80,87
Rerata	28,82	70,03



Gambar lampiran 1. Beras yang digunakan dalam penelitian, a: beras putih utuh; b: beras merah utuh; c: beras hitam utuh; d: beras putih patah; e: beras merah patah; f: beras hitam patah



Gambar lampiran 2. Struktur butiran beras yang digunakan dalam penelitian pada mikroskop, a: beras putih utuh; b: beras merah utuh; c: beras hitam utuh; d: beras putih patah; e: beras merah patah; f: beras hitam patah (a-c perbesaran 10x, d-f perbesaran 8x)