

**KERAGAMAN ARTHROPODA YANG BERASOSIASI PADA
GUDANG PENYIMPANAN BIJI KAKAO PENGEPUL DAN
EKSPORTIR**

Muh. Ridha Taqwa Tang

G011191392



**DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**KERAGAMAN ARTHROPODA YANG BERASOSIASI PADA
GUDANG PENYIMPANAN BIJI KAKAO PENGEPUL DAN
EKSPORTIR**

**Muh. Ridha Taqwa Tang
G011191392**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Pertanian

Pada

Departemen Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin

Makassar

**DEPARTEMEN ILMU HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

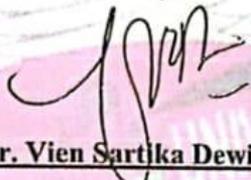
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Keragaman Arthropoda Yang Berasosiasi Pada Gudang Penyimpanan Biji Kakao Pengepul Dan Eksportir
Nama : Muh. Ridha Taqwa Tang
NIM : G011191392

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Dr. Ir. Vien Sartika Dewi, M.Si.

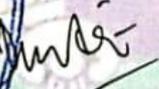

M. Bayu Mario, S.P., M.P., M.Sc.

NIP. 19651227 198910 2 001

NIP. 19940410 202107 3 001

Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin

Ketua Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan


Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc.
NIP. 19650316 198903 2 002

Tanggal Pengesahan: 21 Agustus 2023

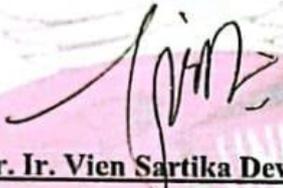
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

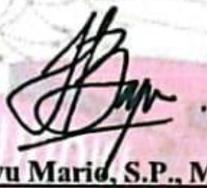
Judul Skripsi : Keragaman Arthropoda Yang Berasosiasi Pada Gudang Penyimpanan Biji Kakao Pengepul Dan Eksportir
Nama : Muh. Ridha Taqwa Tang
NIM : G011191392

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Dr. Ir. Vien Sartika Dewi, M.Si.


M. Bayu Mario, S.P., M.P., M.Sc.

NIP. 19651227 198910 2 001

NIP. 19940410 202107 3 001

Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin

Ketua Program Studi Agroteknologi


Dr. Ir. Abd Harris B., M.Si

NIP. 19670811 199403 1 003

Tanggal Pengesahan: 21 Agustus 2023

DEKLARASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul **“Keragaman Arthropoda Yang Berasosiasi Pada Gudang Penyimpanan Biji Kakao Pengepul Dan Eksportir”** benar adalah karya saya dengan arahan tim pembimbing, belum pernah diajukan atau tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Saya menyatakan bahwa, semua sumber informasi yang digunakan telah disebutkan di dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

Makassar, 21 Agustus 2023



Muh. Ridha Taqwa Tang
G011191392

ABSTRAK

Serangan hama pada komoditas penyimpanan biji kakao menyebabkan kerusakan serius, baik dari segi kuantitatif maupun kualitatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan kelimpahan beberapa jenis arthropoda serta persentase kerusakan dan kehilangan berat biji kakao pada dua jenis gudang yang berbeda. Penelitian ini dilaksanakan pada dua jenis gudang yaitu gudang pengepul dan gudang eksportir yang berlokasi di Kecamatan Biringkanaya, Kota Makassar dan di Laboratorium Hama, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian. Pengambilan sampel arthropoda di gudang pengepul dilaksanakan dari bulan Februari–Maret 2023, sedangkan pengambilan sampel di gudang eksportir dilaksanakan pada bulan Mei 2023. Penelitian ini menggunakan empat metode pengambilan sampel yaitu pengambilan sampel langsung, sampel ceceran, perangkap lampu UV dan *yellow sticky trap*. Berdasarkan hasil penelitian ditemukan sebanyak 5.125 individu di gudang pengepul dan 17.314 individu di gudang eksportir yang termasuk ke dalam 32 famili, delapan ordo, dan dua kelas. Berdasarkan persamaan Shannon-Wiener, nilai indeks keanekaragaman gudang pengepul dan gudang eksportir ($H'=2,63$ dan $H'=2,10$) tergolong ke dalam kategori sedang. Begitupun dengan nilai indeks kemerataan ($E=0,65$ dan $E=0,51$), dan dominansi ($D=0,16$ dan $D=0,24$) yang menunjukkan kemerataan populasi tinggi dan tidak ada jenis yang mendominasi. Arthropoda yang paling dominan ditemukan di kedua jenis gudang yaitu *Typhaea stercorea* yang berperan sebagai fungivor, *Cryptolestes ferrugineus* yang berperan sebagai hama sekunder, dan *Araecerus fasciculatus* yang berperan sebagai hama primer. Persentase kerusakan dan kehilangan berat biji pada kedua jenis penyimpanan menunjukkan bahwa periode penyimpanan memengaruhi tingkat kerusakan dan kehilangan berat biji kakao. Keberadaan, keanekaragaman, serta kelimpahan arthropoda di gudang penyimpanan berkaitan erat dengan manajemen serta unsur-unsur abiotik maupun biotik yang masuk ke dalamnya.

Kata Kunci: *Typhaea stercorea*, *Araecerus fasciculatus*, kelimpahan, kerusakan, dan kehilangan berat biji.

ABSTRACT

Pest attacks on cocoa bean storage commodities cause serious damage, both quantitatively and qualitatively. This study aims to determine and compare the abundance of several arthropod species as well as the percentage of damage and weight loss of cocoa beans in two different types of warehouses. The research was conducted in two types of warehouses, namely consolidations' warehouses and exporters' warehouses, located in the Biringkanaya District, Makassar City, and at the Laboratory of Pests, Department of Pest and Plant Diseases, Faculty of Agriculture. Arthropod sampling in the consolidations' warehouse was carried out from February to March 2023, while sampling in the exporters' warehouse was conducted in May 2023. This research used four sampling methods: direct sampling, fluid sampling, UV light traps, and yellow sticky traps. Based on the research results, a total of 5,125 individuals were found in the consolidations' warehouse and 17,314 individuals in the exporters' warehouse, belonging to 32 families, eight orders, and two classes. Based on the Shannon-Wiener index, the diversity index of the consolidations' warehouse and the exporters' warehouse ($H'=2.63$ and $H'=2.10$) falls into the moderate category. Similarly, the evenness index ($E=0.65$ and $E=0.51$), and dominance index ($D=0.16$ and $D=0.24$) indicate high population evenness and no dominant species. The most dominant arthropods found in both types of warehouses are *Typhaea stercorea*, functions as a fungivore, *Cryptolestes ferrugineus*, functions as a secondary pest, and *Araecerus fasciculatus*, functions as a primary pest. The percentage of damage and weight loss of cocoa beans in both storage types shows that the storage period affects the damage and weight loss. The presence, diversity, and abundance of arthropods in a storage warehouse are closely related to its management and the abiotic and biotic elements present in it.

Keywords: *Typhaea stercorea*, *Araecerus fasciculatus*, abundance, damage, and weight loss of beans.

PERSANTUNAN

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa. karena berkat rahmat dan perlindungan-Nya sehinggapenulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul **“Keragaman Arthropoda yang Berasosiasi pada Gudang Penyimpanan Biji Kakao Pengepul dan Eksportir”** sebagai salah satu persyaratan studi S1 (Strata Satu) di Fakultas Pertanian, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini telah banyak pihak yang membantu dalam bentuk apapun itu. Oleh karena itu. penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak dengan segala keikhlasannya yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak **Muh. Tang** dan ibu **Suliati** yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk merasakan pendidikan hingga saat ini dan selalu mendukung serta memberikan motivasi dan doa yang tak terhingga. Dengan sepenuh hati penulis berterima kasih atas semua hal yang telah diberikan, karena penulis sadar segala hal baik yang terjadi sampai sekarang adalah berkat doa dari mereka, Semoga masih ada kesempatan untuk membalasnya meskipun tidak sebanding dengan apa yang telah diberikan.
2. Kepada adik penulis **Muh. Yusran Tang dan Muh. Fathur Rahman Tang** yang telah membantu penulis dalam hal materi maupun non-materi, memberikan semangat dan doa. Penulis sangat bersyukur memiliki kalian. Semoga kelak penulis mampu membalas kebaikannya.
3. Dosen pembimbing satu **Dr. Ir. Vien Sartika Dewi, M.Si.** yang telah memberikan bimbingan yang sangat luar biasa, begitu sabar, dan tulus hingga meluangkan waktu dalam membimbing penulis menuntaskan penelitian. Pembimbing dua **M. Bayu Mario, S.P., M.P., M.Sc.** yang selalu bersedia memberikan saran, masukan, dan bantuan kepada penulis serta selalu memberikan banyak pelajaran melalui cerita hidup dan kesempatan dalam sebuar projek yang luar biasa sehingga penulis menjadikannya sebagai motivasi untuk terus mengembangkan diri. Terima kasih atas segala keikhlasan, ketulusan, kesabaran, motivasi dan bantuan serta saran yang telah diberikan selama bimbingan. Penulis berharap semoga selalu diberikan kesehatan sekeluarga dan panjang umur.
4. Dosen penguji Ibu **Prof. Dr. Ir. Itji Diana Daud, M.S.** Ibu **Dr. Ir. Melina, M.P.** dan Ibu **Prof. Dr.Sc.Agr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc.Agr.** yang telah banyak memberikan saran dan motivasi kepada penulis selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
5. Staf Administrasi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Ibu **Rahmatia, S.H.** dan Ibu **Nurul Jihad Jayanti, S.P.** yang telah membantu penulis mengurus segala administrasi dari awal hingga akhir penelitian, serta Bu Ani yang telah membantu penulis.

6. Kepada Rekan-rekan sahabat terbaik saya **Anggy Stefhani Tulak, Nada Julia Pasorong, Tri Widyastui, Pradila Sukoyo, Valensia Febriani Kaloli, Vebiola Juli Ada', Cornella Bavelin, dan Inayah Magfira Ramadhani**. Terimakasih telah memberikan begitu banyak *support* dan menemani penulis selama berkuliah di Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Hasanuddin. Penulis mendoakan kesuksesan kalian semua.
7. Kepada teman seperjuangan **Willian Yeremia Patasik, Asri Ainun Amaliah, Ahmad Arisandi Jamal, Amrina Rosyada, Mukhti Muhammad, dan Vira Safitri**. Terimakasih telah menemani dan menjadi saksi suka dan duka serta segala bantuan dan dukungan selama penelitian. Penulis mendoakan kesuksesan kalian semua.
8. Kepada **Anna Moslihat Jamil, Risnawati dan Sulfi** yang telah menemani, membantu, dan memotivasi penulis dari semester awal hingga akhir.
9. Kepada **Bapak Rio dan Bapak Alfin** yang telah memberikan banyak bantuan serta memberikan izin dalam melakukan penelitian. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan lancar.
10. Kepada Semua Rekan Penulis **HMPT-UH**, dan **OKSIGEN** penulis mengucapkan banyak terimakasih atas bantuan dalam bentuk apapun.

Serta semua pihak yang turut serta dalam penyelesaian pendidikan, penelitian, dan penyusunan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Penulis menyampaikan ucapanTerima Kasih yang sebesar-besarnya untuk seluruh bantuan yang diberikan. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
DEKLARASI.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
PERSANTUNAN.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	2
1.3 Hipotesis.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Manajemen Gudang Penyimpanan Biji Kakao.....	3
2.2 Peran Arthropoda pada Penyimpanan.....	3
2.2.1 Hama Pascapanen.....	3
2.2.2 Predator.....	4
2.2.3 Parasitoid.....	5
2.2.4 Pemakan Cendawan (Fungivor).....	5
2.2.5 Scavenger.....	5
2.3 Faktor Abiotik yang Memengaruhi Infestasi Hama Pascapanen.....	5
2.3.1 Suhu dan Kelembapan.....	5
2.3.2 Sumber Infestasi.....	6
2.4 Hama Penting Pascapanen pada Biji Kakao.....	7
2.4.1 <i>Araecerus fasciculatus</i> (DeGeer) (Coleoptera: Anthribidae).....	7
2.4.2 <i>Cadra cautella</i> (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae).....	8
2.4.3 <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae).....	8
3. METODE PENELITIAN.....	10
3.1 Tempat dan Waktu.....	10
3.2 Alat dan Bahan.....	10
3.3 Metode Pengambilan Sampel.....	10
3.4 Pengambilan Sampel Biji Kakao.....	10
3.4.1 Pengambilan Sampel Ceceran.....	10

3.4.2	Perangkap Cahaya Ultraviolet (<i>Light trap</i>).....	11
3.4.3	Yellow Sticky Trap (<i>YST</i>)	11
3.4.4	Pengamatan Faktor Fisik Lingkungan Gudang Penyimpanan	11
3.4.5	Identifikasi Arthropoda di Laboratorium	11
3.5	Variabel Pengamatan	12
3.5.1	Perhitungan Keanekaragaman, Kemerataan dan Dominasi.....	12
3.5.2	Perhitungan Kerusakan Biji Kakao	14
3.5.3	Perhitungan Kehilangan Berat Biji	14
3.6	Analisis Data.....	14
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	15
4.1	Hasil.....	15
4.1.1	Populasi, Keanekaragaman, Kemerataan dan Dominasi Arthropoda	15
4.1.2	Hubungan Faktor Abiotik Terhadap Indeks Keanekaragaman dan Dominansi Arthropoda	15
4.1.3	Komposisi Arthropoda Berdasarkan Perannya pada Gudang Pengepul dan Gudang Eksportir	16
4.1.4	Persentase Kerusakan dan Kehilangan Berat Biji Kakao	16
4.2	Pembahasan	23
5.	KESIMPULAN	27
	DAFTAR PUSTAKA	28
	LAMPIRAN	32

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesies hama berdasarkan toleransi terhadap suhu dan kelembapan relatif udara rendah serta rentang suhu udara optimumnya	7
Tabel 2. Nilai tolok ukur indeks keanekaragaman.....	13
Tabel 3. Nilai tolok ukur indeks pemerataan.....	13
Tabel 4. Nilai kriteria indeks dominansi	13
Tabel 5. Pengaruh faktor abiotik terhadap keanekaragaman dan dominasi arthropoda pada gudang pengepul dan gudang eksportir	16
Tabel 6. Komposisi arthropoda pada gudang pengepul dan gudang eksportir berdasarkan perannya.	16
Tabel 7. Jumlah ordo, famili, dan spesies/morfospesies individu arthropoda yang ditemukan di gudang pengepul dan gudang eksportir.....	18

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Morfologi Imago <i>Araecerus fasciculatus</i>	8
Gambar 2. Imago <i>Cadra cautella</i> (dorsal).....	8
Gambar 3. Morfologi <i>Tribolium castaneum</i>	9
Gambar 4. Metode pengambilan sampel langsung biji kakao	11
Gambar 5. Denah pemasangan perangkat di gudang pengepul	12
Gambar 6. Denah pemasangan perangkat di gudang eksportir	12
Gambar 7. Rerata persentase kerusakan dan kehilangan berat biji kakao (%) pada kedua jenis gudang.....	17
Gambar 8. Populasi arthropoda di kedua jenis gudang pada masing-masing periode penyimpanan.	22
Gambar 9. Populasi <i>Araecerus fasciculatus</i> serta persentase kerusakan dan kehilangan berat biji kakao	22
Gambar 10. Kondisi karung pada gudang pengepul dan gudang eksportir.....	25
Gambar 11. Sampel biji kakao yang telah terinfestasi oleh Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT)	26

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel Lampiran 1. Parameter lingkungan pada gudang pengepul selama pengamatan	32
Tabel Lampiran 2. Parameter lingkungan pada gudang eksportir selama pengamatan	32
Tabel Lampiran 4. Data suhu dan RH selama pengamatan di dalam laboratorium (sampel dari gudang pengepul)	51
Tabel Lampiran 5. Data suhu dan RH selama pengamatan di dalam laboratorium (sampel dari gudang eksportir)	55
Gambar Lampiran 1. Survey dan pengamatan kondisi gudang pengepul	59
Gambar Lampiran 2. Survey dan pengamatan kondisi gudang eksportir	59
Gambar Lampiran 3. Pemasangan perangkat pada tumpukan di gudang pengepul	60
Gambar Lampiran 4. Pemasangan perangkat pada tumpukan di gudang eksportir.....	60
Gambar Lampiran 5. Pengambilan sampel langsung biji kakao, sampel ceceran, sampel serangga pada perangkat UV, dan Yellow Sticky Trap (YST)	61
Gambar Lampiran 6. Pengamatan faktor abiotik di dalam gudang	61
Gambar Lampiran 7. Identifikasi arthropoda serta perhitungan kerusakan dan kehilangan berat biji kakao.....	62

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peran cukup penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistik Indonesia (2016), total ekspor biji kakao lima tahun terakhir mengalami fluktuatif dimana peningkatan berkisar antara 6,48–6,78 % per tahun sedangkan penurunan mencapai 19,4%, Total volume ekspor pada tahun 2012 mencapai 387,79 ribu ton dengan total sebesar US\$1,12 miliar, menurun menjadi 330,03 ribu ton pada tahun 2016 dengan total sebesar US\$1,24 miliar. Salah satu penyebab menurunnya ekspor biji kakao karena adanya serangan Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) pada gudang penyimpanan biji kakao sehingga menurunkan kualitas biji kakao dan meningkatkan kehilangan berat yang cukup tinggi (Skourti et al., 2019).

Serangga merupakan salah satu OPT perusak pada gudang penyimpanan diikuti oleh mikroorganisme (terutama cendawan), tungau, dan tikus. Diperkirakan rata-rata lebih dari 2,5% penurunan berat terjadi pada biji kakao akibat serangan hama di gudang penyimpanan, selain itu hama juga dapat bertahan atau bersembunyi di dalam fasilitas penyimpanan (Dharmaputra et al., 2018; Jung et al., 2020).

Arthropoda yang berasosiasi pada gudang penyimpanan berdasarkan peranannya, terdiri atas hama (primer dan sekunder), predator, parasitoid, fungivor, *scavenger*, dan insidental (Rees, 2004). Hama pada penyimpanan biji kakao diantaranya *Araecerus fasciculatus* (DeGeer) (Coleoptera: Anthribidae), *Cadra cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Hama tersebut telah mengakibatkan kerugian ekonomi sekitar 10–30 % pada penyimpanan biji kakao sehingga diperlukan manajemen pengendalian untuk mengendalikan hama pascapanen di dalam penyimpanan (Jung et al., 2020; Plumbley, 1983).

Penyimpanan biji kakao memiliki fasilitas dan manajemen gudang yang berbeda-beda tergantung pada pihak pengelolanya. Penyimpanan pada tingkat petani atau pengepul biasanya tidak memiliki manajemen gudang yang baik, seperti kurangnya sanitasi dan pengendalian terhadap OPT di dalam gudang penyimpanan sehingga mengakibatkan kehilangan berat yang cukup tinggi pada biji kakao. Sedangkan manajemen penyimpanan pada tingkat komersial lebih teratur, baik dari sanitasi maupun pengendalian OPT di dalam gudang penyimpanan serta adanya manajemen *quality control* yang dapat meminimalisir kontaminan pada komoditas.

Pemantauan (*monitoring*) merupakan salah satu kegiatan penting dalam menentukan teknik pengendalian yang akan digunakan. Hasil *monitoring* memberikan informasi mengenai jenis dan populasi OPT yang terdapat dalam suatu ekosistem gudang penyimpanan. Umumnya kerusakan komoditas selama penyimpanan dapat dikurangi melalui identifikasi secepatnya dan pengambilan tindakan pengendalian yang tepat, serta perlu memerhatikan kondisi di dalam gudang (Abd El-Aziz, 2011). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaman arthropoda yang berasosiasi pada gudang penyimpanan biji kakao pengepul dan eksportir.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengamati dan membandingkan populasi serta keragaman arthropoda pada gudang pengepul dan gudang eksportir.
2. Mengetahui pengaruh periode penyimpanan terhadap persentase kerusakan dan kehilangan berat biji kakao pada gudang pengepul dan gudang eksportir.

Kegunaan dari penelitian ini adalah:

1. Diharapkan dapat memberikan informasi dan pemahaman terkait populasi serta keragaman arthropoda pada gudang pengepul dan gudang eksportir.
2. Diharapkan dapat memberikan informasi terkait pengaruh periode penyimpanan terhadap persentase kerusakan dan kehilangan berat biji kakao pada gudang pengepul dan gudang eksportir.
3. Diharapkan dapat menjadi acuan dalam menentukan metode pengendalian OPT di dalam penyimpanan.

1.3 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah diduga populasi dan keragaman arthropoda serta tingkat kerusakan dan kehilangan berat biji kakao pada gudang pengepul lebih tinggi daripada gudang eksportir.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Gudang Penyimpanan Biji Kakao

Penyimpanan biji kakao merupakan komponen penting dalam rantai pemasaran dan distribusi, terutama jika terjadi fluktuasi produksi dalam satu musim. Penyimpanan biji kakao di tingkat petani, pedagang, dan komersial atau tingkat pemerintah sangat umum di seluruh negara. Penyimpanan pada tingkat petani biasanya berlangsung musiman dan bertujuan menyediakan pasokan untuk harga yang lebih baik pada musim selanjutnya sehingga dapat memenuhi keuntungan dengan cepat (Arthur et al., 2014; Kumar, 2017).

Penyimpanan biji komersial disediakan oleh lembaga pemerintah dan swasta untuk memenuhi kebutuhan pasokan sepanjang tahun di negara tersebut. Penyimpanan komersial biasanya menyimpan biji kakao untuk waktu yang lebih lama. Produsen makanan membutuhkan pasokan biji kakao yang bebas dari serangan serangga, burung, hewan pengerat, dan cendawan, serta residu bahan kimia berbahaya. Kebutuhan akan penyimpanan selalu muncul untuk mendistribusikan biji kakao di area produksi makanan. Kehilangan hasil biji kakao di Indonesia dapat mencapai 57 ton setiap tahun pada masa penyimpanan (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2016).

Kerugian selama penyimpanan dapat berupa kerugian kuantitas dan kerugian kualitas. Kerugian tersebut diakibatkan oleh serangan serangga, mikroorganisme, hewan pengerat, tungau, dan burung pemakan biji. Infestasi tersebut menyebabkan perkecambahan benih berkurang, penurunan berat dan kandungan protein pada biji kakao (Das et al., 2013). Masalah hama pascapanen di daerah tropis terkait dengan manajemen, kondisi struktur penyimpanan, cuaca, sanitasi yang buruk, dan kondisi ekonomi (Kumar, 2017).

2.2 Peran Arthropoda pada Penyimpanan

Arthropoda yang berasosiasi pada gudang penyimpanan memiliki berbagai peran serta menjadi indikator pada penyimpanan. Peran arthropoda dan populasinya pada penyimpanan memengaruhi ekosistem di dalam gudang. Wagiman (2018) menjelaskan beberapa peranan arthropoda pada gudang penyimpanan yaitu hama, predator, parasitoid, pemakan cendawan (fungivor), dan *scavenger*.

2.2.1 Hama Pascapanen

Hama pascapanen merupakan masalah penting pada penyimpanan komoditas yang dapat merusak dan mengontaminasi produk rentan seperti makanan. Kehadiran hama pascapanen menyebabkan banyaknya kerusakan dan kehilangan berat serta dapat meningkatkan risiko kesehatan pada tubuh manusia. Hama pascapanen dikategorikan menjadi hama primer dan

sekunder. Hama primer menyerang berbagai macam biji utuh dan mampu menembus kulit biji dan polong yang utuh untuk memakan embrio, endosperma, atau kotiledon. Hama sekunder memakan biji atau benih yang telah rusak oleh hama primer atau akibat kerusakan fisik dan mekanis (Athanassiou & Arthur, 2018).

Bentuk kerusakan akibat infestasi hama pascapanen dapat dibedakan atas kerusakan secara langsung dan kerusakan secara tidak langsung. Kerusakan secara langsung meliputi kerusakan pada butiran, penurunan kualitas, dan kuantitas. Kerusakan secara tidak langsung meliputi menurunnya daya kecambah biji, tumbuhnya cendawan yang tidak dikehendaki, kerugian akibat penolakan konsumen, dan tingginya biaya pengendalian hama pascapanen (Astuti, 2019).

Hama primer biasanya memiliki kisaran inang yang sempit seperti sereal dan berbagai jenis kacang, karena hampir seluruh fase hidup hama primer (telur, larva, dan pupa) terjadi di dalam biji atau biasa disebut sebagai *internal feeder* sedangkan hama sekunder memiliki kisaran inang yang luas termasuk biji yang rusak, tepung serta produk makanan olahan seperti cokelat dan makanan hewani. Seluruh siklus hidup hama sekunder terjadi di luar biji atau disebut sebagai *external feeder*, biasanya telur-telur diletakkan secara tersebar di dalam atau di dekat sumber makanan sehingga larva yang sedang berkembang dapat dengan mudah terlihat (Hagstrum & Subramanyam, 2006).

2.2.2 Predator

Predator merupakan organisme yang memakan atau memangsa organisme lain. Arthropoda yang berperan sebagai predator dibedakan menjadi dua macam, yakni yang bersifat fakultatif dan obligat. Predator yang bersifat fakultatif, misalnya *Tenebroides mauritanicus* (Linnaeus) (Coleoptera: Trogossitidae) yang memakan komoditas pascapanen dan serangga lain. Predator yang bersifat obligat, yakni arthropoda yang hanya memakan organisme lain. Predator obligat di dalam gudang dapat dibagi menjadi dua macam yakni predator generalis dan predator spesifik (Yoshida, 1975).

Predator generalis memiliki kisaran jenis mangsa yang luas baik di dalam maupun di luar gudang, contohnya laba-laba, Carabidae, dan Staphylinidae tertentu. Predator spesifik memiliki kisaran jenis mangsa tertentu dan memerlukan adaptasi dengan lingkungan gudang, contohnya *Blaptostethus pallescens* Poppius (Hemiptera: Anthocoridae) yang memakan telur ngengat serta *Pyemotes* spp. (Acari: Pyemotidae) dan *Acarophenax tribolii* (Newstead & Duval) (Acari: Acarophenacidae) yang hidup di tubuh hama pada bagian kutikula yang lunak dan mengisap cairan tubuh inangnya (Lopez, 2005; Sobhy et al., 2014).

2.2.3 Parasitoid

Parasitoid merupakan organisme yang hidup dan berkembang di dalam atau di luar tubuh organisme lain dan menyebabkan kematian pada organisme inangnya. Kebanyakan arthropoda yang berperan sebagai parasitoid dikenal berasal dari ordo Hymenoptera. Parasitoid betina biasanya mencari inang seperti serangga hama dan bertelur di dalam atau di luar tubuh inangnya dengan cara menusukkan atau mendekatkan ovipositorinya ke inang. Salah satu contoh parasitoid di dalam gudang penyimpanan yaitu *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae), *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyridae), dan *Lariophagus distinguendus* (Foerster) (Hymenoptera: Pteromalidae) (Schöller et al., 2006).

2.2.4 Pemakan Cendawan (Fungivor)

Arthropoda pemakan cendawan merupakan organisme yang memakan komoditas yang telah rusak dan berjamur atau biji yang permukaannya telah dilapisi oleh cendawan. Arthropoda tersebut memakan hifa dan spora cendawan bersamaan dengan komoditas. Spora cendawan seringkali masih bertahan setelah melalui sistem pencernaan dan menempel pada tubuh arthropoda sehingga menjadikannya sebagai vektor utama cendawan pada penyimpanan. Salah satu contoh arthropoda pemakan cendawan yakni *Ahasverus advena* (Walt) (Coleoptera: Silvanidae), *Typhaea stercorea* (Linnaeus) (Coleoptera: Mycetophagidae), dan *Glycyphagus* spp. (Acari: Glycyphagidae). Adanya arthropoda ini menjadi indikator kondisi gudang yang buruk dan terjadinya deteriorasi komoditas (Lan et al., 2021).

2.2.5 Scavenger

Arthropoda yang berperan sebagai *scavenger* di dalam gudang biasanya memakan serasah komoditas yang telah rusak maupun bangkai binatang lain. arthropoda ini menjadi indikator kebersihan suatu gudang penyimpanan serta dapat berstatus hama apabila mengontaminasi komoditas, seperti *Liposcelis* sp. (Psocodea: Liposcelididae). Contoh arthropoda yang berperan sebagai *scavenger* di dalam gudang, di antaranya *Periplaneta* sp. (Blattodea: Blattellidae), Dermoptera, *Anthrenus* spp. (Coleoptera: Dermestidae), dan Thysanura (Zeng et al., 2021).

2.3 Faktor yang Memengaruhi Infestasi Hama Pascapanen

2.3.1 Suhu dan Kelembapan

Fekunditas dan umur hama pascapanen bergantung pada ketersediaan, kualitas, dan kuantitas, begitupun dengan faktor lingkungan abiotik seperti suhu dan kelembapan relatif udara yang

dianggap sebagai parameter penting. Kombinasi yang paling menguntungkan dari kedua faktor ini dapat menyebabkan peningkatan pertumbuhan hama yang menyebabkan lebih banyak kerusakan pada produk yang disimpan karena peningkatan aktivitas hama (Tsaganou et al., 2021).

Aktivitas hama pascapanen sangat dipengaruhi oleh suhu udara. Tidak seperti mamalia dan burung, mayoritas arthropoda terutama serangga tidak dapat mempertahankan suhu tubuh yang konstan sehingga suhu tubuh serangga naik dan turun menyesuaikan dengan lingkungan. Kemampuan arthropoda untuk berkembangbiak atau bertahan hidup juga sangat bergantung pada suhu lingkungan sekitarnya (Magro et al., 2019).

Hama pascapanen berkembangbiak pada suhu udara sekitar 15–42 °C, namun tidak semua hama dapat mencakup kisaran suhu tersebut karena masing-masing hama memiliki toleransi yang berbeda terhadap suhu udara ekstrem. Laju pertumbuhan populasi hama pascapanen dapat meningkat pada suhu udara optimum antara 25–33 °C dan dapat menurun dengan cepat pada suhu udara ekstrem. Biasanya sebagian besar arthropoda terutama serangga dapat berkembangbiak setidaknya 10 kali lebih cepat pada suhu dan kelembapan relatif udara optimal (Tsaganou et al., 2021).

Dampak perkembangan populasi pada kelembapan di bawah 60% sangat bervariasi antar serangga. Umumnya semakin rendah kelembapan maka semakin tinggi mortalitas, khususnya pada fase awal perkembangan. Beberapa hama pascapanen yang toleran terhadap kelembapan rendah yaitu *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Laemophloeidae), *T. castaneum*, *Rhyzopertha dominica* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) dan *Cadra cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) (Eroglu et al., 2019). Howe (1965) menjelaskan toleransi suhu udara minimum, kelembapan relatif udara minimum, dan rentang suhu udara optimum beberapa hama pascapanen (Tabel 1).

2.3.2 Sumber Infestasi

Sumber infestasi yang cukup penting pada penyimpanan yaitu gudang penyimpanan yang terbuat dari kayu, dimana terdapat tepung dan serpihan biji pada celah kayu yang menjadi tempat persembunyian bagi banyak arthropoda. Larva dari *T. mauritanicus* biasanya menggali sisi kayu untuk menjadi pupa lalu muncul dalam jumlah besar (USDA, 2015).

Kumar (2017) menjelaskan bahwa terjadinya penyebaran beberapa serangga berhubungan langsung dengan kondisi lingkungan. Infestasi hama pascapanen pada biji yang disimpan memiliki banyak cara. Sebagian besar infestasi hama berasal dari perpindahan serangga dari luar penyimpanan ke dalam penyimpanan. Sumber infestasi hama pascapanen antara lain:

1. Infestasi dari lapangan
2. Infestasi dari karung yang digunakan
3. Infestasi selama transportasi
4. Infestasi dari penggilingan
5. Infestasi dari bangunan penyimpanan
6. Infestasi dari lubang yang dibuat burung dan tikus

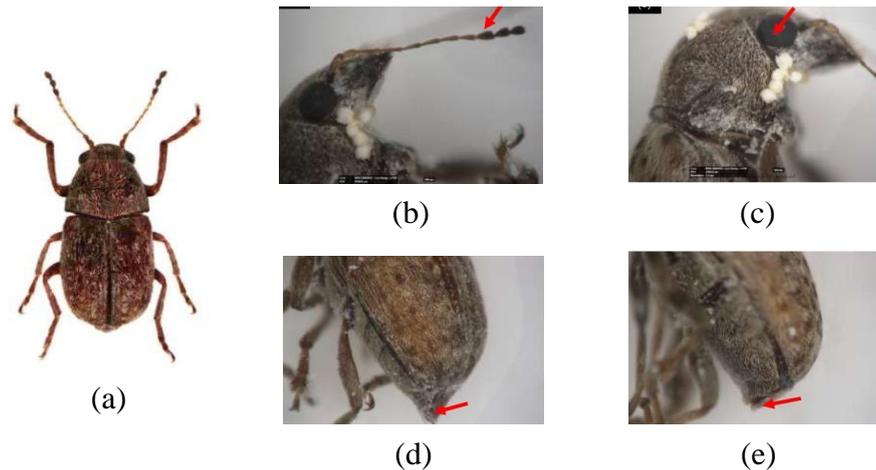
Tabel 1. Spesies hama berdasarkan toleransi terhadap suhu dan kelembapan relatif udara rendah serta rentang suhu udara optimumnya

Spesies	Suhu Udara Minimum(°C)	Rentang Suhu Udara Optimum (°C)	Kelembapan Relatif Udara Minimum (%)
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	23	32–35	10
<i>C. turcicus</i>	21	30–33	50
<i>C. capensis</i>	18	27–31	1
<i>C. pasilloides</i>	18	27–31	60
<i>Tribolium confusum</i>	21	30–33	1
<i>T. castaneum</i>	22	32–35	1
<i>Oryzaephilus Mercator</i>	20	31–34	10
<i>O. surinamensis</i>	21	31–34	10
<i>Sitophilus granarius</i>	15	26-30	50
<i>S. oryzae</i>	17	27-31	60
<i>Rhyzopertha dominica</i>	23	32–35	30

2.4 Hama Penting Pascapanen pada Biji Kakao

2.4.1 *Araecerus fasciculatus* (DeGeer) (Coleoptera: Anthribidae)

Serangga *A. fasciculatus* merupakan salah satu serangga hama yang sering menginfestasi komoditas pertanian di gudang penyimpanan seperti kakao, kopi, dan pinang. Imago serangga ini berbentuk bulat dengan duri kecil, tubuh berwarna coklat kehitaman dengan bintik-bintik pucat, dan rata-rata ukuran tubuhnya 2–5 mm (Gambar 1a) (Rees, 2004). Memiliki antena lebih panjang daripada kepala dan toraks yang terdiri dari 11 segmen dan 3 segmen terakhir berbentuk gada (Gambar 1b). Mata majemuk besar, menonjol, bulat, dan berwarna kecokelatan (Gambar 1c). Imago betina memiliki pigidium runcing (gambar 1d) sedangkan jantan membulat (Gambar 1e). Siklus hidup berlangsung selama ±66 hari sejak stadia telur hingga imago. Imago dapat menyerang ke dalam biji yang mengakibatkan adanya lubang pada permukaan dan rongga besar di dalam biji untuk meletakkan telur sehingga komoditas menjadi terkontaminasi (Salbiah *et al.*, 2022).



Gambar 1. Morfologi Imago *Araecerus fasciculatus*, (a) Imago *Araecerus fasciculatus* (dorsal), (b) Antena, (c) Mata majemuk, (d) Pigidium (betina), (e) Pigidium (jantan) (Hagstrum *et al.*, 2013; Salbiah *et al.*, 2022).

2.4.2 *Cadra cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae)

Serangga *C. cautella* sering disebut sebagai ngengat almond atau ngengat gudang. Serangga ini merupakan hama pada produk yang disimpan dan dapat menyerang gandum, dan benih serta berbagai macam buah dan biji kering (Oyewo, 2020). Panjang tubuh imago 12 mm, sayap depan (saat membuka) berwarna abu-abu kecokelatan dengan garis melintang berwarna pucat yang lurus (Gambar 2). Siklus hidup berlangsung ± 26 hari dari stadia telur hingga imago pada kondisi optimum dengan suhu udara 30 °C dan kelembapan relatif 75%. Saat memakan biji, larva menghasilkan sejumlah besar sutra yang dapat mengotori komoditas yang terinfestasi. Larva dapat dengan mudah berpindah dari satu biji ke biji lainnya sehingga mengakibatkan produk yang disimpan menjadi terkontaminasi dengan cepat (Rees, 2004).



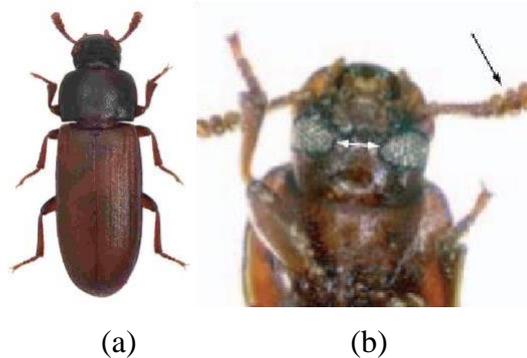
Gambar 2. Imago *Cadra cautella* (dorsal) (Hagstrum *et al.*, 2013)

2.4.3 *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)

Serangga *T. castaneum* atau kumbang tepung merupakan salah satu spesies hama pascapanen penting pada produk penyimpanan dan termasuk kedalam hama sekunder.

Hagstrum, (2009) telah mencatat terdapat sekitar 246 komoditas yang telah terinfestasi oleh *T. castaneum*. Serangga ini menginfestasi pada produksimpanan berupa sereal dan biji terutama pada komoditas simpanan dalam bentuk tepung (Hagstrum, 2009; Hill, 2003).

Panjang tubuh imago berkisar antara 2,3–3,5 mm, berwarna hitam hingga hitam kecokelatan (Gambar 3a). Segmen terakhir pada ujung antena berbentuk gada yang melengkung dan mata majemuk lebih besar dan memanjang (Gambar 3b). Siklus hidup berlangsung ± 30 hari pada kondisi optimum dengan suhu udara 35–37,5 °C dan kelembapan relatif >70%. Fase merusak serangga yakni pada fase larva dan imago, dimana saat fase imago menginfestasi dapat menimbulkan bau pada komoditas yang disimpan dikarenakan adanya senyawa benzokuinon dari hasil sekresi serangga (Rees, 2004).



Gambar 3. Morfologi *Tribolium castaneum*, (a) Imago *T. castaneum* (dorsal), (b) Mata majemuk dan antena (ventral) (Hagstrum *et al.*, 2009; Rees, 2004)