

HAMA PASCAPANEN PADI DAN PENGENDALIANNYA

Agus W. Anggara dan Sudarmaji
Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

1. PENDAHULUAN

Pascapanen padi mencakup pemanenan hasil dan pemrosesan gabah hingga siap digunakan konsumen. Penyimpanan merupakan salah satu tahap penting karena pada periode tersebut padi mengalami proses penurunan kualitas dan kuantitas (Andales, 1988; Syarief dan Halid, 1993). Kualitas awal, rentang waktu simpan, teknik atau metode penyimpanan, dan kondisi gudang berpengaruh terhadap proses alami tersebut (Suyono dan Sukarna, 1991; Wagiman, 1992; de Padua, 1998; Koehler, 2003). Oleh karena itu, pemerintah telah menetapkan standar mutu gabah dan melakukan pengawasan terhadap pengolahan, pengangkutan, dan sarana penyimpanan agar kualitasnya dapat dipertahankan dan tingkat kerusakan dapat ditekan selama penyimpanan sehingga nilai ekonomi tetap tinggi.

Setelah dipanen, padi disimpan dalam bentuk gabah dan/atau beras. Penyimpanan diperlukan karena padi dipanen secara musiman, sementara beras dibutuhkan setiap hari. Penyimpanan padi juga penting artinya sebagai stok pangan untuk mengatasi masa-masa sulit, seperti terjadinya kekeringan dan banjir yang mengakibatkan gagal panen (Andales, 1988; Kabir, 2006). Secara ekonomi, penyimpanan gabah penting pula artinya untuk mendapatkan harga yang lebih baik di kemudian hari.

Salah satu masalah selama penyimpanan gabah adalah serangan hama gudang. Di Asia Tenggara yang beriklim tropis dan lembab, kerusakan pascapanen padi diperkirakan mencapai 30% (Hayasi, 2003), 5–15% di antaranya disebabkan oleh hama gudang (Manalabe, 1988; Tran, 1999a; Hoffman *et al.*, 2000). Di Amerika Serikat dengan fasilitas penyimpanan yang modern, nilai kerugian yang ditimbulkan oleh hama gudang mencapai lima milyar dolar AS per tahun, apalagi di negara-negara berkembang yang fasilitas penyimpanannya masih sederhana tentu jauh lebih besar.

Hama gudang menimbulkan kerusakan pada gabah, sehingga menjadi kotor, timbul bau apek, berjamur, saling melekat atau bergumpal, dan adakalanya berkecambah. Kondisi tersebut mengundang hama sekunder untuk merusak gabah sehingga menambah parah tingkat kerusakan (Peng dan Morallo-Rejesus, 1988; Tran, 1999b; Ebeling, 2002; Emery, 2005). Dampak ekonomi lebih lanjut adalah penurunan reputasi dan kepercayaan konsumen terhadap produk.

Amerika Serikat dan Uni Eropa akan menolak produk pertanian apabila ditemukan kumbang kapra (*Trogoderma granarium*).

2. HAMA GUDANG

Gudang penyimpanan merupakan lingkungan yang kondisinya dapat dikendalikan. Meskipun demikian, beragam kelompok hama dan penyakit dapat merusak gabah yang disimpan di gudang, antara lain serangga, tikus, burung, jamur, dan mikroorganisme (Andales, 1988; Syarif dan Halid, 1993; Tran, 1999a; Hoffman *et al.*, 2000; CPC, 2000). Infestasi hama gudang mulai terjadi setelah gabah disimpan lebih dari tiga bulan atau beras setelah disimpan satu bulan (de Padua, 1988). Berbeda dengan hama prapanen yang menyerang pertanaman padi, hama pascapanen memiliki kemampuan beradaptasi pada lingkungan gudang yang kering, suhu relatif tinggi, dan kelembaban udara rendah (Syarif dan Halid, 1993; CPC, 2000).

Penyimpanan gabah oleh petani umumnya secara sederhana dengan jumlah terbatas untuk kebutuhan pangan keluarga sendiri. Gabah dimasukkan ke karung plastik berukuran 50–75 kg setelah dikeringkan hingga kadar air 12% dan diletakkan pada salah satu tempat di dalam rumah yang difungsikan sebagai gudang. Pedagang dan unit penggilingan padi umumnya menyimpan gabah sambil menunggu harga yang lebih baik. Pada saat panen raya, pedagang membeli gabah petani, mengeringkan, dan menyimpannya sesuai dengan kemampuan modal dan gudang yang dimiliki. Gudang umumnya berupa bangunan yang difungsikan sebagai tempat penyimpanan gabah, belum memiliki struktur dan fasilitas modern. Di Indonesia, institusi yang diberi mandat untuk menyimpan gabah dan atau beras secara besar-besaran adalah Badan Urusan Logistik (Bulog). Hal ini terkait dengan jaminan penyediaan pangan nasional. Gabah atau beras disimpan di gudang yang dirancang khusus dan dilengkapi dengan fasilitas penyimpanan modern.

Berdasarkan kondisi awal bulir padi, hama gudang digolongkan menjadi hama primer dan hama sekunder. Hama primer menyerang bulir padi yang masih utuh. Padi dalam penyimpanan menjadi faktor penarik (*attractant*) bagi kelompok hama tersebut untuk datang ke tempat penyimpanan (Kartasapoetra, 1987; Peng dan Morallo-Rejesus, 1988). Spesies tertentu, misalnya ngengat *Sitotroga cerealella* meletakkan telurnya pada bulir padi menjelang panen di lapangan dan kemudian terbawa masuk ke gudang penyimpanan (Suyono dan Sukarna, 1991; Syarif dan Halid, 1993). Hama sekunder hanya menyerang bulir padi yang telah rusak akibat serangan hama primer atau karena penanganan pascapanen yang kurang baik. Adanya hama sekunder di gudang mengindikasikan telah terjadi kerusakan gabah yang disimpan.

Amerika Serikat dan Uni Eropa akan menolak produk pertanian apabila ditemukan kumbang kapra (*Trogoderma granarium*).

2. HAMA GUDANG

Gudang penyimpanan merupakan lingkungan yang kondisinya dapat dikendalikan. Meskipun demikian, beragam kelompok hama dan penyakit dapat merusak gabah yang disimpan di gudang, antara lain serangga, tikus, burung, jamur, dan mikroorganisme (Andales, 1988; Syarief dan Halid, 1993; Tran, 1999a; Hoffman *et al.*, 2000; CPC, 2000). Infestasi hama gudang mulai terjadi setelah gabah disimpan lebih dari tiga bulan atau beras setelah disimpan satu bulan (de Padua, 1988). Berbeda dengan hama prapanen yang menyerang pertanaman padi, hama pascapanen memiliki kemampuan beradaptasi pada lingkungan gudang yang kering, suhu relatif tinggi, dan kelembaban udara rendah (Syarief dan Halid, 1993; CPC, 2000).

Penyimpanan gabah oleh petani umumnya secara sederhana dengan jumlah terbatas untuk kebutuhan pangan keluarga sendiri. Gabah dimasukkan ke karung plastik berukuran 50–75 kg setelah dikeringkan hingga kadar air 12% dan diletakkan pada salah satu tempat di dalam rumah yang difungsikan sebagai gudang. Pedagang dan unit penggilingan padi umumnya menyimpan gabah sambil menunggu harga yang lebih baik. Pada saat panen raya, pedagang membeli gabah petani, mengeringkan, dan menyimpannya sesuai dengan kemampuan modal dan gudang yang dimiliki. Gudang umumnya berupa bangunan yang difungsikan sebagai tempat penyimpanan gabah, belum memiliki struktur dan fasilitas modern. Di Indonesia, institusi yang diberi mandat untuk menyimpan gabah dan atau beras secara besar-besaran adalah Badan Urusan Logistik (Bulog). Hal ini terkait dengan jaminan penyediaan pangan nasional. Gabah atau beras disimpan di gudang yang dirancang khusus dan dilengkapi dengan fasilitas penyimpanan modern.

Berdasarkan kondisi awal bulir padi, hama gudang digolongkan menjadi hama primer dan hama sekunder. Hama primer menyerang bulir padi yang masih utuh. Padi dalam penyimpanan menjadi faktor penarik (*attractant*) bagi kelompok hama tersebut untuk datang ke tempat penyimpanan (Kartasapoetra, 1987; Peng dan Morallo-Rejesus, 1988). Spesies tertentu, misalnya ngengat *Sitotroga cerealella* meletakkan telurnya pada bulir padi menjelang panen di lapangan dan kemudian terbawa masuk ke gudang penyimpanan (Suyono dan Sukarna, 1991; Syarief dan Halid, 1993). Hama sekunder hanya menyerang bulir padi yang telah rusak akibat serangan hama primer atau karena penanganan pascapanen yang kurang baik. Adanya hama sekunder di gudang mengindikasikan telah terjadi kerusakan gabah yang disimpan.

Ditinjau dari tipe kerusakan yang ditimbulkannya, terdapat tiga kelompok perusak gabah, yaitu perusak bulir dari dalam, perusak bulir dari luar, dan pengotor (pencemar). Sebagian besar larva serangga hama gudang tergolong perusak dari dalam karena memakan embrio dan endosperm padi pada saat perkembangan stadia pradewasanya yang terjadi dalam bulir gabah/beras (Syarief dan Halid, 1993; IRRI, 2008). Imago kumbang, tikus, dan burung tergolong perusak dari luar karena memakan bulir-bulir padi dan meninggalkan beragam bahan pencemar berupa hasil metabolisme seperti kotoran, air seni, bekas kulit tubuh, dan bekas tempat bersarang. Perilaku kupu-kupu yang membuat kokon dari bulir beras juga menimbulkan kerusakan. Kehadiran musuh alami (parasitoid dan predator) di tempat penyimpanan mengakibatkan gabah atau beras terkontaminasi.

Berdasarkan kelimpahannya, hama gudang dikelompokkan menjadi hama utama, hama potensial, dan hama temporer (Peng dan Morallo-Rejesus, 1988; Syarief dan Halid, 1993). Hama utama selalu ada dalam gudang penyimpanan karena padi yang disimpan merupakan habitat alaminya. Hama potensial biasanya hanya berperan sebagai hama di daerah tertentu (bersifat lokal). Hama temporer umumnya merusak gabah karena terkontaminasi aktivitas hidupnya di gudang penyimpanan.

2.1 Serangga Hama Gudang

Serangga hama gudang berukuran relatif kecil, sehingga celah atau retakan kecil pada dinding, lantai, kusen, dan alat penyimpanan dapat dimanfaatkannya sebagai tempat berlindung (Tran, 1999b; Ebeling, 2002; Koehler, 2003). Ukuran tubuh yang kecil juga menyulitkan pemantauan kehadiran hama ini (Hoffman *et al.*, 2000). Kumbang (Ordo Coleoptera) dan ngengat (Ordo Lepidoptera) merupakan kelompok serangga penyebab utama kerusakan gabah dalam penyimpanan (Hayasi, 2003). Keberagaman serangga hama yang merusak beras lebih tinggi daripada yang merusak gabah. Oleh sebab itu, padi disarankan untuk disimpan dalam bentuk gabah apabila periode penyimpanan relatif lama (Emery, 2005). Jenis hama gudang yang dominan menyerang gabah meliputi *Rhyzopherta dominica*, *Sitotroga cerealella*, *Tribolium castaneum*, dan *T. confusum*. Sementara itu jenis *Sitophilus oryzae*, *S. zeamais*, *Trogoderma granarium*, *Corcyra cephalonica*, *Plodia interpunctella*, dan *Ephestia elutella* tergolong spesies yang dominan merusak beras.

Setyono dkk. (2007) telah mengidentifikasi 17 spesies serangga setelah beras disimpan selama empat bulan (Tabel 1). Sepuluh spesies tergolong hama perusak beras. Spesies yang dominan adalah *S. oryzae*, *Oryzaephilus surinamensis*, dan *Cryptolestes ferrugineus*. Adanya *Ahasverus advena* mengindikasikan telah terjadi kerusakan cukup serius pada beras yang disimpan. Predator *Peregrinator biannulipes* dan dua spesies parasitoid berperan sebagai musuh alami.

Tabel 1. Ragam Serangga pada Penyimpanan Beras di Gudang BB Padi 2007

Spesies Serangga	Ordo	Familia	Status*
<i>Ahasverus advena</i>	Coleoptera	Cucujidae	Hama potensial
<i>Carpophilus dimidiatus</i>	Coleoptera	Nitidulidae	Hama potensial
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	Coleoptera	Cucujidae	Hama utama
<i>Cryptolestes pusillus</i>	Coleoptera	Cucujidae	Hama utama
<i>Ephestia elutella</i>	Lepidoptera	Piridae	Hama utama
<i>Liposcelis bostrychophilus</i>	Psocoptera	Liposcelidae	Hama potensial
<i>Liposcelis entomophilus</i>	Psocoptera	Liposcelidae	Hama potensial
<i>Oryzaephilus mercator</i>	Coleoptera	Cucujidae	Hama utama
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	Coleoptera	Cucujidae	Hama utama
<i>Peregrinator biannulipes</i>	Hemiptera	Reduviidae	Predator
<i>Rhyzopherta dominica</i>	Coleoptera	Bostrichidae	Hama utama
<i>Sitophilus oryzae</i>	Coleoptera	Curculionidae	Hama utama
<i>Sitophilus zeamais</i>	Coleoptera	Curculionidae	Hama utama
<i>Tribolium castaneum</i>	Coleoptera	Tenebrionidae	Hama utama
<i>Tribolium confusum</i>	Coleoptera	Tenebrionidae	Hama utama
Parasitoid (1)	Hymenoptera		Musuh alami
Parasitoid (2)	Hymenoptera		Musuh alami

*Menurut pengelompokan Peng dan Morallo-Rejesus (1988)

Sumber: Setyono dkk., 2007

2.2 Hama Gabah

2.2.1 *Kalandra, Rhyzopherta dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae)

Imago dan larva merupakan penyebab dominan kerusakan gabah. Larva memakan endosperm dari dalam, sedangkan imago memakan dari luar dengan gigitan yang tidak teratur. Pada serangan berat, kelompok kumbang terlihat pada permukaan karung. Sisa aktivitas makan berupa serbuk berserakan di antara bulir-bulir gabah yang mengindikasikan buruknya aerasi gudang. Kondisi tersebut memicu tumbuhnya jamur yang dapat menyebabkan kerusakan gabah semakin parah (Syarief dan Halid, 1993; CPC, 2000; Hofman *et al.*, 2000).

Kalandra memiliki bentuk tubuh silinder, panjang ± 4 mm, berwarna cokelat tua hingga hitam, permukaan dada (thorax) dan sayap depan (elytra) kasar dengan bintik-bintik kecil, dan terdapat pronotum dengan tonjolan-tonjolan kecil (tubercles). Ciri khas hama ini adalah pronotum seperti helm yang menutupi kepalanya (CPC, 2000; Ebeling, 2002) (Gambar 1).

R. dominica bermetamorfosis sempurna dengan perkembangan telur hingga imago dalam tempo 3-4 minggu. Kopulasi terjadi setelah imago muncul. Sta-



Gambar 1. Morfologi imago *R. dominica*
Sumber: CABI, 2002.

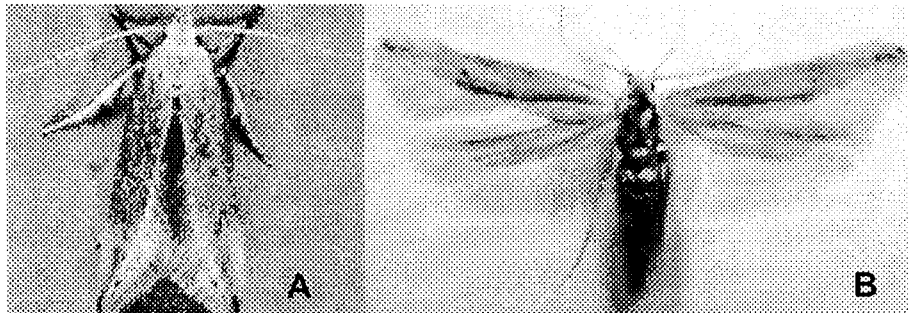
dia pradewasa berlangsung dalam bulir gabah dan satu bulir gabah hanya untuk pertumbuhan satu individu serangga. Kondisi lingkungan yang paling sesuai bagi perkembangan hama ini adalah suhu 34° C, kelembaban udara 70%, dan kadar air gabah 14%. Imago betina hidup selama 4–8 bulan dengan masa bertelur hingga empat bulan. Selama periode tersebut, betina bertelur 200–300 butir (pada suhu 25° C) dan 400–500 butir (pada suhu 34° C). Telur diletakkan secara sendiri-sendiri (soliter) atau berkelompok di antara bulir gabah dan akan menetas dalam 2–5 hari. Larva bergerak aktif dan dengan cepat masuk ke dalam bulir gabah melalui bagian yang rusak atau membuat lubang masuk sendiri. Setelah sekitar 17 hari sebagai larva, kemudian berkembang menjadi pupa, dan akhirnya berubah sebagai imago. Metamorfosis perlu waktu lebih lama pada suhu 20° C, sedangkan pada suhu 38° C atau lebih perkembangan pradewasa tidak berlangsung sempurna (Morallo-Rejesus, 1988; Syarief dan Halid, 1993; Tran, 1999b; CPC, 2000; Hoffman *et al.* 2000; www.res2.agr.ca/winnipeg/storage 2006; www.sarawak.com.my/borneo_lit/pest 2006).

2.2.2 Ngengat Padi, *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae)

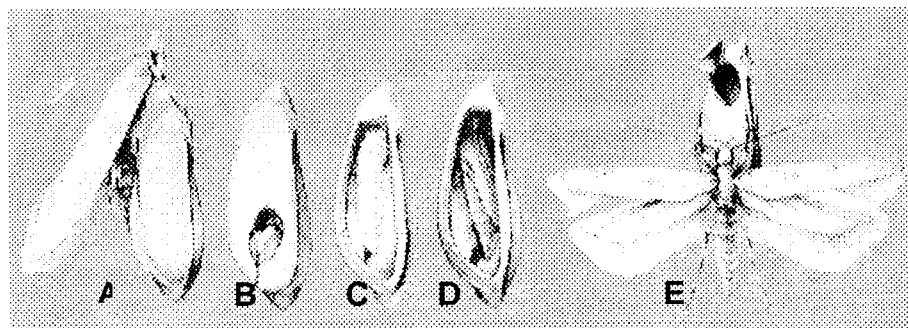
Larva berkembang dalam bulir gabah sehingga menimbulkan kerusakan, sedangkan imago tidak merusak gabah. Spesies ini kadang-kadang berperilaku foresi, yaitu menyerang padi sejak siap panen dan terbawa masuk ke gudang penyimpanan. Kemampuan penetrasinya terbatas sehingga hanya merusak gabah pada permukaan karung penyimpan. Sekilas gabah yang terserang tidak tampak tanda-tanda kerusakan dari luar. Pada larva instar terakhir terlihat tanda kerusakan berupa lubang bulat seperti jendela kecil yang direkatkan kembali dengan rapi (Gambar 3). Lubang tersebut nantinya akan digunakan sebagai pintu keluar imago. Penurunan bobot gabah akibat serangan serangga ini rata-rata 5% (Morallo-Rejesus, 1988; Syarief dan Halid, 1993; Tran, 1999b).

Ngengat kecil memiliki panjang tubuh 5–7 mm, berwarna kuning pucat (seperti jerami), sayap depan 1–3 titik hitam dengan rentang 10–16 mm, sayap belakang dengan rumbai-rumbai dan ujungnya meruncing. Pada posisi istirahat, sayap depan dilipat menutupi tubuh dan sayap belakang, sehingga secara keseluruhan berbentuk segitiga (Gambar 2A).

S. cerealella bermetamorfosis sempurna dan perkembangan telur hingga imago berlangsung dalam tempo 25–28 hari. Kondisi lingkungan yang optimal bagi perkembangan ngengat padi adalah pada suhu 32° C dan kelembaban udara 75%. Selama periode imago (5–10 hari), betina bertelur 40–200 butir yang diletakkan secara soliter atau berkelompok di permukaan gabah pada malam hari. Telur berbentuk oval, berwarna putih, dan kemudian menjadi kemerahan. Stadia telur berlangsung 4–7 hari dan setelah menetas larva memiliki tiga pasang tungkai pada toraks dan lima pasang tungkai semu (proleg) pada abdomen.



Gambar 2. Morfologi imago *S. cerealella* pada posisi istirahat (A) dan posisi terbang (B)
Sumber: CABI, 2002 dan Hoffman, 2000.



Gambar 3. Gejala serangan *S. cerealella*: imago bertelur di permukaan gabah (A), larva masuk gabah setelah berhasil membuat lubang (B), larva tumbuh dan berkembang di dalam gabah (C), stadia pupa (D), imago baru muncul dari gabah yang terserang (E).
Sumber: USDA, 1986.

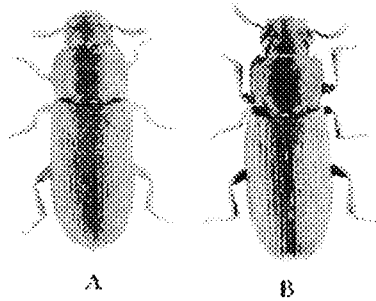
Larva aktif bergerak untuk masuk ke dalam gabah dan setelah melalui 4–8 instar (tergantung kualitas gabah) akan menjadi pupa. Satu bulir gabah hanya untuk perkembangan satu individu. Imago baru muncul dari dalam gabah dengan mendorong pintu keluar yang telah disiapkannya pada stadia larva terakhir (Gambar 3 E) (Morallo-Rejesus, 1988; Syarief dan Halid, 1993; Tran, 1999b; CPC, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; www.res2.agr.ca/winnipeg/storage 2006).

2.2.3 Kumbang Tepung Merah, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae)

Imago dan larva tergolong hama sekunder, menyebar luas di daerah tropis, segera migrasi apabila lingkungan tidak sesuai, dan cepat mengkolonisasi lingkungan baru. Pakan favorit berupa debu padi akibat serangan hama primer atau butir gabah yang telah rusak. Pada saat kekurangan pakan dan populasi tinggi, *T. castaneum* bersifat kanibal terhadap telur dan pupanya sendiri serta memangsa spesies serangga lain. Populasi tinggi ditandai oleh banyaknya serangga bergerombol di permukaan gabah dan segera bergerak acak jika diganggu. Hama ini tidak mampu merusak gabah yang masih utuh dan berkadar air 12%. Larva menyukai bagian embrio padi sehingga menurunkan daya tumbuh benih. Gabah yang dirusak menjadi abu-abu kotor dan tercampur bekas kulit tubuh dan kotoran. Apabila serangan berlanjut, terjadi perubahan komposisi kimia gabah sehingga berbau apek dan tidak layak dikonsumsi (USDA, 1986; Syarief dan Halid, 1993; Tran, 1999b; CPC, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Prevett, 2000; www.res2.agr.ca/winnipeg/storage 2006).

Kumbang berukuran kecil, panjang tubuh 3–4 mm, agak pipih, berwarna cokelat kemerahan hingga cokelat tua mengkilap, dan antena menggada. Larva berwarna putih kekuningan dengan tonjolan meruncing di ruas abdomen terakhir (urogomphi), sedangkan pupa tidak terbungkus kokon dan berwarna cokelat (Gambar 4a).

T. castaneum mengalami metamorfosis sempurna dengan perkembangan telur hingga imago selama 20 hari pada suhu 35°C dan kelembaban udara 75%. Pada suhu 30°C metamorfosis berlangsung 30 hari, dan 141 hari pada 25°C. Kelembaban udara 30% meningkatkan mortalitas larva, sedangkan kelembaban udara 10% menyebabkan larva mati. Imago hidup hingga 18 bulan dan bertelur sebanyak 400–450 butir yang akan menetas dalam tempo 5–12 hari. Larva berbentuk ramping, berwarna putih kekuningan, tertutup rambut-rambut halus, dan berlangsung 27–30 hari. Pupa telanjang (tanpa kokon), berwarna putih, kemudian menjadi cokelat seiring dengan bertambahnya umur pupa (USDA, 1986; Syarief dan Halid, 1993; Tran, 1999b; CPC, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Prevett, 2000).



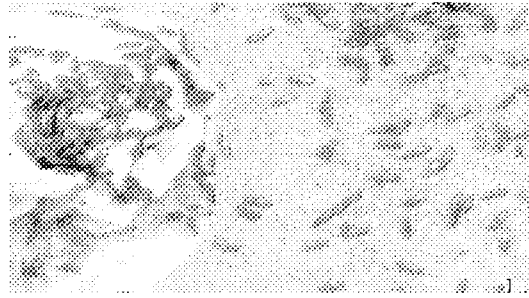
Gambar 4. Morfologi imago *Tribolium castaneum* (A) dan *Tribolium confusum* (B)
Sumber: CABI, 2000 dan www.res2.agr.ca [2006].

2.2.4 Kumbang Tepung Merah Palsu, *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae)

Kumbang ini tergolong hama sekunder padi dan biji-bijian lain, yang berasal dari Afrika dan telah menyebar luas di berbagai belahan dunia. Hama ini juga mampu merusak gabah yang masih utuh. Gejala kerusakan akibat serangan *T. confusum* pada gabah yang disimpan persis sama dengan kerusakan oleh *T. castaneum*. Keberadaan *T. confusum* dan *T. castaneum* pada lokasi yang sama relatif jarang karena kompetisi interspesifik (Gambar 5). *T. confusum* juga tercatat sebagai inang alternatif cacing cestoda *Hymenolepsis diminuta* yang dapat menyerang manusia dan ternak (Tran, 1999b; CPC, 2000).

Dari segi morfologi, *T. confusum* sangat mirip dengan *T. castaneum* sehingga sulit dibedakan (Gambar 4). Oleh karena itu, *T. confusum* disebut kumbang tepung merah palsu (*confused flour beetle*). Ciri pembeda kedua spesies adalah: (1) sayap belakang *T. confusum* tidak berkembang sempurna sehingga tidak mampu terbang, sedangkan *T. castaneum* merupakan penerbang ulung karena sayap berkembang sempurna; (2) antena *T. confusum* membesar secara berurutan ke arah ujung, sedangkan ujung antena *T. castaneum* tiba-tiba membesar; dan (3) imago *T. confusum* sedikit lebih besar daripada *T. castaneum* (Syarief dan Halid, 1993; Tran, 1999b; CPC, 2000).

Siklus hidup dan perkembangbiakan *T. confusum* sangat mirip dengan *T. castaneum*, tetapi kisaran suhu optimalnya sedikit lebih rendah, berkisar antara 20–37,5° C dengan rata-rata 32,5° C. Perkembangan telur hingga imago berlangsung 26 hari dan imago mampu hidup hingga satu tahun. Fekunditas imago mencapai 500 butir telur, setelah 3–5 hari muncul larva yang akan melalui 5–11 instar sebelum menjadi pupa (tanpa kokon). Larva memakan bagian gabah yang telah rusak. Pada gabah utuh, larva mengkonsumsi debu padi atau telur dan pupa serangga lain (USDA, 1986; Syarief dan Halid, 1993; Tran, 1999b; CPC 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Prevet, 2000).



Gambar 5. Kenampakan gabah yang diserang *Tribolium castaneum* atau *T. confusum*.
Sumber: www.ntlworld.com [2007].

2.3 Hama Beras

2.3.1 Kumbang Bubuk Beras, *Sitophilus oryzae* (Coleptera: Curculionidae)

Kumbang bubuk beras tergolong hama primer dan paling dominan menimbulkan kerusakan beras dalam penyimpanan (Trematerra *et al.*, 2004). Imago merusak beras dari luar, sedangkan larva memakan beras dari dalam. Bekas serangan berupa serbuk beras yang memicu kedatangan hama sekunder. Kumbang adakalanya merusak gabah. Ciri khas *S. oryzae* adalah moncong memanjang sehingga disebut juga kumbang moncong beras. Imago mampu terbang karena memiliki sayap yang berkembang sempurna, tetapi penyebarannya lebih banyak terbawa beras yang diserang (Syarief dan Halid, 1993; Tran, 1999b; CPC, 2000; Hoffinan *et al.*, 2000; Prevett, 2000).

Tubuh berbentuk silindris, panjang 2–4 mm, bentuk mulut seperti tabung memanjang (moncong/*snout*), berwarna merah kecokelatan, dan antena terdiri atas delapan ruas. Sayap depan (elytra) mengeras dan terdapat bintik-bintik berwarna lebih terang, sehingga sepintas seperti pola ornamentasi, sedangkan sayap belakang membranous (Peng dan Morallo-Rejesus, 1988; Suyono dan Sukarna, 1991; Trematerra *et al.*, 2004) (Gambar 6).

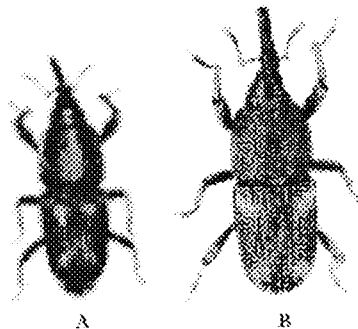
S. oryzae mengalami metamorfosis sempurna dengan perkembangan telur hingga imago selama 35 hari di daerah tropis, dan 110 hari di daerah beriklim dingin. Lingkungan paling sesuai bagi perkembangan hama ini adalah pada suhu 25–27° C dan kelembaban udara 70%. Rata-rata masa hidup imago 4–5 bulan, tetapi beberapa individu mampu hidup hingga satu tahun. Betina bertelur selama hidupnya dengan fekunditas total 300–400 butir, tetapi hanya ±150 telur yang diletakkan dengan puncak oviposisi pada umur imago 4–5 minggu. Rentang waktu perkembangan pradewasa bergantung pada kualitas beras dan suhu lingkungan penyimpanan. Imago betina membuat lubang kecil pada permukaan beras, bertelur di lubang tersebut, dan menutupnya kembali dengan semacam zat lilin (*egg-*

plug) yang disekresi mulutnya. Telur menetas 3–6 hari, larva tidak bertungakai (apoda), dan melalui empat instar selama ± 25 hari (3–4 minggu) sebelum menjadi pupa. Pada suhu 18° C, stadia larva berlangsung ± 98 hari. Setelah tujuh hari sebagai pupa, imago muncul dan hanya menyisakan selaput kulit luar beras. Apabila menyerang gabah, imago keluar dengan membuat lubang (*emergence hole*) pada sekam (USDA, 1986; Syarief dan Halid, 1993; Tran, 1999b; CPC, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Prevett, 2000).

2.3.2 Kumbang Bubuk Jagung, *Sitophilus zeamais* (Coleptera: Curculionidae)

Pada awalnya *S. zeamais* dianggap sebagai large strain *S. oryzae*. *S. oryzae* menyerang padi sedangkan *S. zeamais* menyerang jagung. Hasil penelitian terbaru menunjukkan bahwa kedua spesies mampu menyerang dan berkembang biak pada padi dan jagung. *S. oryzae* lebih menyukai beras, sedangkan *S. zeamais* lebih memilih jagung dan gabah. Beras yang diserang *S. zeamais* menunjukkan gejala kerusakan yang sama seperti serangan *S. oryzae* (Peng dan Morallo-Rejesus, 1988; Suyono dan Sukarna, 1991; Trematerra *et al.*, 2004).

Secara morfologi, *S. zeamais* dan *S. oryzae* sangat mirip dan sulit dibedakan. Ciri pembeda kedua spesies adalah ukuran tubuh *S. zeamais* yang sedikit lebih besar, berwarna lebih kusam dibanding *S. oryzae* (Gambar 6), dan secara mikroskopis dengan membuka bagian ujung abdomen dan memeriksa permukaan alat genetalia imago jantan. Permukaan lempeng genetalia *S. zeamais* bergelombang, sedangkan *S. oryzae* rata dan licin. Secara fisiologi, *S. oryzae* lebih tahan terhadap suhu tinggi dibanding *S. zeamais*. Perkembangbiakan *S. zeamais* sangat mirip dengan kumbang moncong beras, hanya kumbang moncong jagung lebih menyukai bulir padi yang berukuran besar. Hal ini diduga kuat berkaitan dengan dimensi ukuran tubuhnya yang sedikit lebih besar



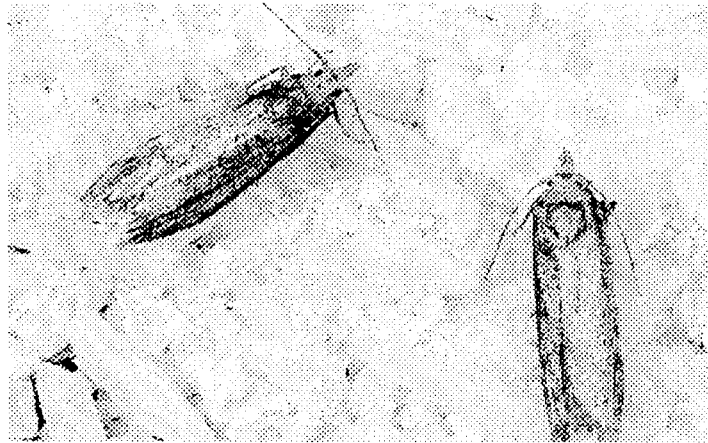
Gambar 6. Morfologi imago *Sitophilus oryzae* (A) dan *Sitophilus zeamays* (B)
Sumber: CABI, 2000; www.vurv.cz (2007).

daripada *S. oryzae* (Peng dan Morallo-Rejesus, 1988; Suyono dan Sukarna, 1991; Trematerra *et al.*, 2004).

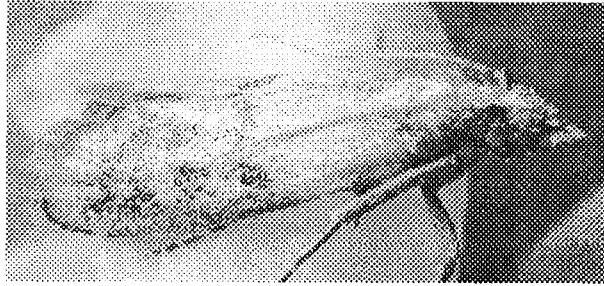
2.3.3 Ngengat Beras, *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae)

Ngengat beras menyebar luas di daerah tropis, terutama di Asia Tenggara dan Asia Selatan. Stadia larva merupakan hama primer beras dan kerusakan diperparah oleh aktivitas bersarangnya yang membentuk ruangan-ruangan kecil (*webbing*). Larva melekatkan butir-butir beras hingga bergumpal dan menjadikannya sebagai tempat tinggal (CPC, 2000).

Ngengat kecil berwarna cokelat pucat, panjang tubuh 12–15 mm, rentang sayap depan 15–25 mm, antena sedang, kepala memiliki dua tonjolan kecil sehingga sekilas menyerupai bangun segitiga (ciri khas). Di daerah tropis, *C. cephalonica* bermetamorfosis sempurna dengan siklus hidup $\pm$ 28 hari pada suhu 30°C dan kelembaban udara 70%, sedangkan di daerah dingin berlangsung 40–60 hari (Gambar 7). Masa preoviposisi imago betina 1–2 hari setelah kemunculannya dari pupa, sedangkan puncak oviposisi pada usia imago 2–3 hari. Oviposisi dilakukan pada malam hari dan fekunditas mencapai 400 telur per individu. Telur *C. cephalonica* berwarna putih kekuningan dan diletakkan secara soliter (tidak berkelompok). Setelah empat hari inkubasi, telur menetas menjadi larva yang memiliki tungkai semu pada abdomen ruas ke-3 hingga ke-6 dan 10. Larva berwarna putih kelabu hingga kekuningan, aktif bergerak, dan mensekresi benang-benang sutera untuk mengikat kotoran dan butir-butir beras menjadi ruangan tempat tinggalnya (Tran, 1999b; CPC, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Prevett, 2000).



Gambar 7. Imago *C. cephalonica* yang menginvestasi beras
Sumber: www.sarawak.com.my/borneo_lit/pest 2006.



Gambar 8. Morfologi imago *P. interpunctella*
Sumber: CABI, 2000.

2.3.4 Ngengat Tepung India, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae)

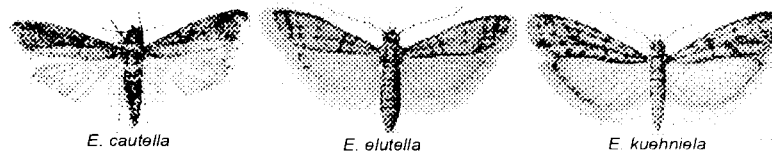
Stadia larva menyerang beras dengan gejala kerusakan seperti serangan ngengat beras (*C. cephalonica*). Stadia imago tidak makan, sehingga tidak menimbulkan kerusakan pada beras. Ngengat tepung India termasuk hama primer beras dan menyebar luas di wilayah tropis (Gambar 8).

Ngengat berukuran kecil, warna cokelat tua, permukaan atas sayap depan berwarna cokelat gelap, sedangkan permukaan bawahnya kuning gelap, rentang sayap 14–18 mm. Larva berukuran sedikit lebih besar daripada larva *C. cephalonica*, dan tanpa bintik hitam pada kulit (ciri khas). Perkembangbiakan dan siklus hidup mirip dengan ngengat beras. Setelah kopulasi, imago betina bertelur hingga 400 butir yang ditempelkan pada permukaan beras atau karung kemasan. Setelah empat hari, telur menjadi larva yang aktif bergerak di antara butir-butir beras. Stadia larva dilalui dalam 4–7 instar selama ± 16 hari, kemudian menjadi pupa dalam tempo tujuh hari.

Pupa terbungkus kokon yang dibuatnya dari butir-butir beras yang saling dilekatkan dengan semacam lamat hasil sekresi mulutnya (CPC, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Preveit, 2000; www.res2.agr.ca; www.sarawak.com).

2.3.5 Ngengat Gudang Tropis, *Ephesia elutella* (Lepidoptera: Pyralidae)

Di daerah tropis terdapat tiga spesies yang merupakan hama penting pada beras giling, yaitu *Ephesia elutella* (*Anasgata elutella*), *E. cautella* (*Cadra cautella*), dan *E. kuehniella* (Gambar 9). Kerusakan akibat dimakan larva hanya sedikit, tetapi aktivitas bersarang dengan mengikat beberapa butir beras mengakibatkan banyak butir rusak dan terkontaminasi kotoran. Larva tinggal di dalam gumpalan tersebut hingga menjadi pupa.



Gambar 9. Morfologi imago *E. cautella*, *E. elutella*, dan *E. kuehniella*
Sumber: CABI, 2000; www.fooddata.nl 2007.

Ketiga spesies merupakan ngengat kecil, panjang tubuh 7–9 mm, sayap depan berwarna abu-abu tua bergaris (setiap spesies dengan pola tertentu), rentang sayap 16–19 mm, sayap belakang berwarna putih, dan kepala relatif besar. Ciri khasnya, larva memiliki rambut-rambut setae yang dikelilingi oleh lingkaran kecil berwarna gelap. Ngengat aktif terbang pada senja hari tetapi tidak tertarik dengan cahaya lampu. Perkembangbiakan dan siklus hidupnya mirip dengan ngengat beras dan ngengat tepung India. Di daerah tropis, perkembangan telur hingga imago *Ephestia* sp. berlangsung 25–30 hari pada suhu 30° C dengan kelembaban udara 70%, sedangkan di daerah dingin (20–25° C) berlangsung 6–12 minggu. Fekunditas seekor betina ± 300 telur yang diletakkan pada permukaan beras secara berderet. Setelah menetas, larva bergerak bebas pada butir-butir beras dan melalui enam tahap instar. Pada instar terakhir, larva membuat gumpalan dari butir-butir beras yang saling dilekatkan sebagai tempat untuk melalui fase pupa, hingga kemudian muncul sebagai imago yang baru (USDA, 1986; Syarif dan Halid, 1993; Tran, 1999b; CPC, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Prevett, 2000).

2.3.6 Kumbang Karat Padi, *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae)

Larva dan imago kumbang karat padi (*rusty grain beetle*) merupakan hama sekunder pada beras dan produk tanaman pangan lainnya. Beras yang diserang adalah butir yang telah rusak, pecah, atau berjamur. Pada sereal lain yang belum diolah, larva melakukan penetrasi dan menyerang bagian embrio sehingga biji tidak mampu berkecambah. Penyebarannya meliputi daerah tropis berkelembaban udara tinggi dan wilayah subtropis yang hangat (Suyono dan Sukarna, 1991; Syarif dan Halid, 1993; CPC, 2000).

Tubuh berbentuk pipih (gepeng), panjang 1,5–2,5 mm, dan berwarna cokelat kemerahan. Ciri khas *C. ferrugineus*, antena relatif pendek dengan ruas berbentuk bulat (seperti tasbih/untaian kalung) (Gambar 10A). *C. ferrugineus* bermetamorfosis sempurna seiring dengan perkembangan dari telur hingga imago berlangsung 23–35 hari (pada suhu 33–35° C dan kelembaban udara 70%). Setelah kopulasi, imago betina meletakkan telur di antara butir-butir

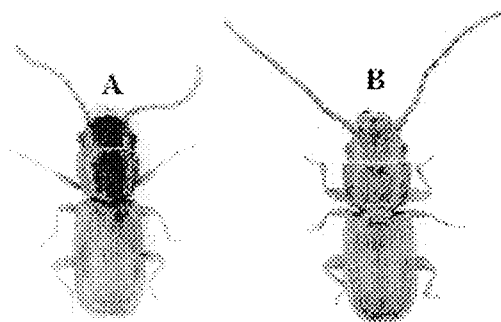
beras. Telur yang semula berwarna putih bening berubah keruh menjelang menetas menjadi larva yang aktif bergerak. Pupasi berlangsung di dalam kokon (USDA, 1986; Syarief dan Halid, 1993; Tran, 1999b; CPC, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Prevett, 2000).

2.3.7 Kumbang Karat Pipih, *Cryptolestes pusillus* (Coleoptera: Cucujidae)

Morfologi kumbang karat pipih (*flat grain beetle*) mirip dengan kumbang karat padi. Ciri khas kumbang karat pipih adalah antena relatif panjang dengan ruas lebih panjang, dan ujung anterior pronotum sedikit melebar ke arah lateral (Gambar 10). Ciri tersebut dapat digunakan sebagai pembeda dengan kumbang karat padi. Dalam penyimpanan, kedua spesies sering ditemukan bersama-sama menyerang beras dan komoditas lain. Kerusakan yang ditimbulkan oleh larva dan imago *C. pusillus* sama seperti *C. ferrugineus*. Meskipun demikian, *C. pusillus* juga memakan bangkai serangga lain (USDA, 1986; Syarief and Halid, 1993; Tran, 1999b; CPC, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Prevett, 2000).

2.3.8 Kumbang Bergerigi, *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae)

Imago *O. surinamensis* (*sawtoothed grain beetle*) memiliki perilaku khas, yaitu bergerak cepat dan gesit (seperti terburu-buru) pada permukaan beras yang diserangnya. Larva dan imago menimbulkan kerusakan pada beras dengan gejala mirip serangan *C. pusillus* dan *C. ferrugineus*. Imago memakan beras melalui bagian yang rusak, sedangkan larva memakan dari dalam. Pada kopra dan buah-buahan yang dikeringkan, larva menggerek daging buah dan meninggalkan bekas berupa terowongan kecil (Suyono dan Sukarna, 1991; Syarief dan Halid, 1993; CPC 2000).



Gambar 10. Morfologi imago *Cryptolestes ferrugineus* (A) dan *C. pusillus* (B)
Sumber: www.res2.agr.ca [2006].

Tubuh pipih, ramping, panjang 2,5–3,5 mm, antena berbentuk gada dengan ruas tersusun rapat dan membesar pada ujungnya. Ciri khasnya, terdapat enam buah tonjolan menyerupai gerigi pada kedua sisi toraks dan tiga garis menonjol pada bagian dorsal toraks. Sayap depan (elytra) memiliki tonjolan garis-garis memanjang searah sayap. Kumbang bergerigi ini termasuk kelompok serangga holometabola, perkembangan telur hingga imago berlangsung selama 20–30 hari di daerah tropis dan 75 hari di daerah dingin. Fekunditas seekor betina 50–300 telur, telur diletakkan tersebar di antara butir beras. Larva kumbang bergerigi berukuran besar, hampir dua kali panjang imagonya, bergerak aktif, dan memakan beras dari dalam. Pupasi dilalui dalam kokon, imago hidup berkisar antara 6–10 bulan (CPC, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Prevett, 2000; www.res2.agr.ca/winnipeg/storage 2006; www.sarawak.com.my/borneo_lit/pest 2006).

2.3.9 Kumbang Bergerigi, *Oryzaephilus mercator* (Coleoptera: Silvanidae)

Disebut juga sebagai kumbang bergerigi meskipun merupakan spesies yang berbeda. Ciri-ciri morfologi *O. mercator* mirip dengan *O. surinamensis* (Gambar 11). Pembedanya, torak *O. surinamensis* sedikit lebih melebar sehingga tiga tonjolan pada dorsal torak terlihat melengkung, sedangkan pada *O. mercator* relatif sejajar, tidak melebar ke samping, sehingga torak terlihat lebih ramping dan lurus. Tubuh *O. surinamensis* cenderung berwarna lebih terang (Gambar 11). Kumbang ini sering ditemukan bersama *O. surinamensis* menyerang beras dan biasanya lebih dominan. Kerusakan beras akibat serangan dan perkembangbiakannya juga mirip dengan *O. surinamensis* (CPC, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Prevett, 2000; www.res2.agr.ca/winnipeg/storage2006; www.sarawak.com.my/borneo_lit/pest 2006).



Gambar 11. Morfologi imago *Oryzaephilus surinamensis* (A) dan *O. mercator* (B)
Sumber: www.res2.agr.ca [2006].



Gambar 12. Morfologi imago *Carpophilus dimidiatus*, tampak dorsal (A) dan ventral (B)
Foto: AW. Anggara-BB Padi.

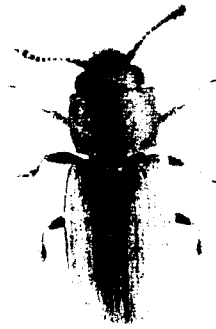
2.3.10 Kumbang Bubuk Jagung, *Carpophilus dimidiatus* (Coleoptera: Nitidulidae)

Dikenal sebagai kumbang bubuk jagung (*corn sap beetle*), serangga ini juga menyerang biji (termasuk padi) dan buah yang dikeringkan. Kerusakan jagung akibat serangannya secara individu kurang berarti, tetapi keberadaannya bersama kumbang moncong, kumbang karat padi, atau kumbang bubuk akan menimbulkan kerugian yang nyata (CPC, 2000).

Ukuran tubuh kumbang kecil berbentuk oval, panjang 2–3,5 mm, berwarna cokelat tua hingga hitam, dan sayap dengan rambut-rambut halus (Gambar 12). Ciri khas kumbang ini adalah sayap depan (elytra) tidak menutupi dua ruas terakhir abdomen, seakan elytra terpotong, dan tiga ruas pada ujung antena terlihat jelas membesar. Kondisi lingkungan yang optimal untuk berkembang adalah 37°C (24–41°C) dengan kelembaban udara 75%. Larva berbulu pendek, kaku, dan jarang. Panjang tubuh larva hampir dua kali panjang stadia imago. Larva memiliki tiga pasang tungkai pada bagian toraks, sehingga mampu bergerak aktif (CPC, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Prevett, 2000; www.res2.agr.ca).

2.3.11 Kumbang Pendatang, *Ahasverus advena* (Coleoptera: Cucujidae)

Keberadaan spesies ini mengindikasikan telah terjadi kerusakan serius pada beras yang disimpan. Dikenal sebagai *foreign grain beetle* dan tergolong hama sekunder yang menyerang beras yang telah rusak (lembab dan berjamur). Pakan utama adalah jamur pada bangkai serangga dan produk pangan lain yang telah rusak. Kehadirannya tidak menyebabkan kerusakan langsung terhadap beras dan produk pangan lainnya (CPC, 2000; Prevett, 2000).



Gambar 13. Morfologi imago *Ahasverus advena*.
Sumber: www.res2.agr.ca [2006].

Tubuh agak pipih, berwarna coklat kemerahan, panjang 2–3 mm, ujung antena tiga ruas yang membesar, pada bagian anterior pronotum terdapat tonjolan kecil, bagian posterior pronotum sedikit cembung (Gambar 13). Kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhannya adalah 30° C dengan kelembaban 70%. Kumbang ini bermetamorfosis sempurna dengan perkembangan telur hingga imago dalam 17–23 hari. Setelah kopulasi, imago betina bertelur pada permukaan produk yang sedang berjamur. Larva berukuran besar (4–5 mm) dan bergerak aktif, sedangkan pupa lebih kecil (2 mm) (CPC, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Prevett, 2000; www.res2.agr.ca/winnipeg/storage 2006; www.sarawak.com.my/borneo_lit/pest 2006).

2.4 Tikus

2.4.1 Tikus Gudang

Beberapa spesies tikus merupakan hama yang mampu beradaptasi dengan kehidupan manusia. Jenis tikus yang menyerang padi dalam penyimpanan adalah *Rattus argentiventer* (tikus sawah), *R. r. diardii* (tikus rumah), dan *Mus musculus* (mencit rumah) (Boque, 1988, Priyambodo, 2005). Tikus di lingkungan gudang yang sanitasinya kurang baik adalah *R. norvegicus* (tikus got/riul), dan *Bandicota indica* (tikus wirok). Cecurut (*Sunchus murinus*) yang sekilas mirip tikus juga sering ditemukan di sekitar gudang. Cecurut tidak termasuk bangsa tikus (Ordo Rodentia), tetapi termasuk hewan pemakan serangga (Ordo Insektivora: familia Soricidae) karena berbeda morfologi, susunan gigi, bentuk feses, habitat, pakan, dan perilakunya.

Kerugian akibat serangan tikus meliputi kerusakan kuantitatif (akibat dimakan dan tercecer) dan kualitatif (tercemar dan rusak). Kontaminasi berupa

tercemarnya padi oleh urine, kotoran, rambut, dan berbagai jenis patogen yang ditularkan oleh tikus (*pes*, *leptospirosis*, *murine thypus*, dll). Meskipun seekor tikus hanya makan 20 g padi per hari, tetapi kerusakan mencapai lima kali lipat karena kebiasaan tikus mengerat agar gigi serinya tetap proporsional, sehingga tidak mengganggu aktivitas makan. Perilaku makan lainnya dari tikus adalah mengkonsumsi dalam jumlah sedikit di tempat yang berbeda. Penanganan paling efektif adalah menjaga kebersihan gudang dan meminimalisasi tempat bersarang bagi tikus (Boque, 1988; Priyambodo, 2005).

2.4.2 Tikus Sawah (*R. argentiventer*)

Tikus sawah merupakan penyebab terbesar kerusakan padi sejak prapanen hingga disimpan di gudang penyimpanan. Setelah panen, tikus sawah berpindah ke tempat yang tersedia pakan seperti lumbung, penggilingan padi, gudang benih, atau rumah penduduk. Ciri morfologi tikus sawah meliputi panjang badan 130–210 mm, ekor lebih pendek daripada panjang kepala dan badan, moncong relatif tumpul, bagian perut berwarna putih kelabu, bagian punggung berwarna coklat, dan memiliki surai berwarna jingga di bagian depan daun telinga pada pradewasa (ciri khas). Tikus betina memiliki enam pasang puting susu dan membuat lubang sarang dalam tanah untuk berkembang biak dan membesarkan anak (Sudarmaji, 2004; Priyambodo, 2005).

2.4.3 Tikus Rumah (*R. r. diardii*)

Tikus rumah banyak dijumpai di rumah dan pekarangan di sekitarnya gudang penyimpanan padi. Panjang badan 100–190 mm, ekor sedikit lebih panjang daripada panjang kepala dan badan, moncong relatif panjang dan runcing, mata agak menonjol (seperti melotot), bagian perut berwarna coklat terang, bagian punggung berwarna coklat gelap, dan tikus betina memiliki enam pasang puting susu. Tikus ini biasanya membuat sarang di atas loteng rumah yang relatif terlindung (Buckle dan Smith, 1994; Priyambodo, 2005).

2.4.4 Mencit Rumah (*M. musculus*)

Ukuran tubuhnya kecil, berwarna coklat keabuan, ekor sedikit lebih panjang dari panjang kepala dan badan, dan tikus betina memiliki 10 puting susu. Ciri khasnya adalah daun telinga berukuran relatif besar dan tidak pandai memanjat. Di Australia, mencit menimbulkan kerugian besar pada gudang-gudang penyimpanan, sedangkan di Indonesia tidak terlalu menimbulkan masalah (Meehan, 1984; Priyambodo, 2005).

2.5 Burung

Pada umumnya burung menimbulkan kerugian secara tidak langsung dengan mencemari padi. Aktivitas burung membuat sarang dalam bangunan sering kali membuat gudang penyimpanan menjadi kotor oleh bekas sarang dan bulu-bulunya yang rontok. Spesies burung yang menimbulkan masalah di gudang penyimpanan padi adalah burung hantu serak putih (*Tyto alba*), burung gereja (*Passer montanus*), dan burung seriti (van Vreden dan Ahmadzabidi, 1986; Caliboso, 1988). Usaha pengendalian yang paling efektif adalah mencegah masuknya burung ke gudang penyimpanan dengan membuat konstruksi bangunan gudang, pemasangan penghalang (*barrier dan proofing*), dan selalu menjaga sanitasi gudang (Dosland, 2000). Hewan pandai terbang selain burung (*Aves*) yang berpotensi mencemari gudang penyimpanan beras adalah kelelawar (tergolong *mammalia*). Kerusakan yang ditimbulkan kelelawar sama dengan burung apabila tinggal di dalam gudang (van Vreden dan Ahmadzabidi, 1986).

2.6 Jamur dan Mikroorganisme

Kelembaban udara yang relatif tinggi sepanjang tahun di daerah tropis menyediakan lingkungan yang sesuai bagi pertumbuhan jamur. Selama periode simpan padi, jamur akan tumbuh apabila kadar air gabah relatif tinggi. Konstruksi dan kondisi fisik gudang juga berpengaruh terhadap jamur (CPC, 2000). Air hujan yang mengenai gudang penyimpanan akan menghasilkan kondisi yang sesuai bagi pertumbuhan jamur pada gabah.

Jamur yang dijumpai di tempat penyimpanan gabah meliputi *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, dan *Rhizopus*, sedangkan mikroorganisme lainnya adalah bakteri, *actinomycetes*, dan kapang (*yeast*). Keberadaan jamur dan mikroorganisme di gudang penyimpanan dapat menimbulkan berbagai kerusakan gabah seperti perubahan warna, timbulnya bau tidak sedap, penurunan daya tumbuh benih, dan beras menjadi tidak layak dikonsumsi. Spora jamur juga dapat menyebabkan alergi apabila terhirup manusia. *Aspergillus flavus* menghasilkan aflatoksin yang beracun dan karsinogenik bagi manusia, sedangkan *Fusarium* sp. menghasilkan seralinon yang juga berbahaya (Syarief dan Halid, 1993; CPC, 2000; Dosland, 2000).

Hingga saat ini upaya pengendalian yang paling efektif adalah menghambat pertumbuhan jamur dan mikroorganisme dengan cara berikut:

1. Mengeringkan gabah hingga kadar air 12–14% sebelum disimpan.
2. Membuat sirkulasi udara di dalam gudang penyimpanan berlangsung lancar sehingga suhu dan kelembaban udara tidak sesuai untuk pertumbuhan jamur.

3. Mencegah serangan hama gudang dan perkembangan jamur agar gabah tidak rusak.
4. Menyimpan dalam ruangan berpendingin (10°C atau kurang) setelah padi dimasukkan ke dalam kemasan.
5. Selalu menjaga sanitasi gudang dan membuatnya tetap kering meskipun pada musim hujan.

3. SUMBER INFESTASI DAN DISTRIBUSI

Hama gudang mengetahui keberadaan padi dalam gudang penyimpanan karena adanya bau yang timbul selama proses pascapanen. Bagi hama sekunder, bau kerusakan komoditas akibat serangan hama primer dimanfaatkannya untuk memandu dalam menemukan komoditas sasaran (Syarief dan Halid, 1993). Serangga mampu menginfestasi gudang melalui celah-celah sempit pada dinding, peralatan, dan pintu, atau masuk setelah merusak kemasan pembungkus komoditas tersebut.

Serangga yang merusak gabah di gudang penyimpanan berasal dari bulir padi yang terserang sebelumnya, karung pembungkus yang digunakan kembali tanpa pembersihan, sekam, migrasi serangga dari lokasi dan daerah lain yang terserang, dan terbawa masuk ke gudang (perilaku forensi).

Sebagian besar (70%) hama yang menginfestasi penyimpanan padi berada di permukaan kemasan, sebagian (17%) mencapai bagian tengah kemasan penyimpan, dan sebagian lainnya (13%) hidup hingga bagian paling dalam (Peng dan Morallo-Rejesus 1988). Larva bangsa kupu-kupu umumnya menyerang di permukaan karena tubuhnya relatif lunak, sedangkan larva bangsa kumbang yang lebih keras tubuhnya mampu mencapai bagian lebih dalam. Beberapa imago kumbang dan tungau mampu hidup di bagian paling dalam kemasan penyimpan yang kurang oksigen, suhu tinggi, dan kering (kelembaban udara sangat rendah).

4. PEMANTAUAN DAN PENDETEKSIAN

Pemantauan (*monitoring*) dan pendeteksian (*detecting*) merupakan kunci utama pengendalian hama gudang. Kegiatan ini perlu dilakukan secara rutin dan teratur mengikuti prosedur baku atau disesuaikan dengan kebutuhan. Apabila ditemukan hama maka frekuensi pengamatan ditingkatkan dan hasilnya digunakan sebagai dasar pengendalian (Wagiman, 1992; Syarief dan Halid, 1993; Dosland, 2000; Emery, 2005).

Pengamatan dilakukan dengan pengambilan contoh dan pemerangkapan hama (Peng and Morallo-Rejeusus, 1988). Tujuan pemantauan dan pendeteksian adalah untuk mengetahui secara pasti jenis hama, status (hama atau sekedar pengganggu dan belum merugikan), sumber infestasi, kemungkinan tempat masuk (*portal entry*), dan sebagai dasar untuk menyusun tindakan lebih lanjut seperti sanitasi dan eradikasi (CPC, 2000; Koehler, 2003).

4.1 Pemantauan Serangga

Pengamatan visual terhadap serangga hama pada gabah atau beras di tempat penyimpanan yang dilakukan meliputi:

4.1.1 Pengamatan Umum

Pemeriksaan secara seksama pada permukaan gabah atau beras untuk mengetahui keberadaan hama. Apabila gabah atau beras berada di tempat terbuka, pengamatan dilakukan pada saat sedikit cahaya karena serangga aktif pada keadaan redup.

4.1.2 Pengambilan Sampel

Penarikan contoh (*sampling*) secara sistematis dan mewakili seluruh sampel dilakukan dengan tangan atau menggunakan alat bantu. Pengamatan lebih intensif apabila ditemukan serangga pada permukaan karung atau pada sampel sebelum diayak.

4.1.3 Pengamatan Bangunan

Pengamatan bertujuan untuk mengetahui infestasi endemik dan sisa-sisa hama pada bangunan gudang dan peralatan. Pengamatan dilakukan secara menyeluruh terhadap kondisi dinding, lantai, dan peralatan penyimpanan lainnya.

4.2 Metode Pemerangkapan Serangga Gudang

4.2.1 Perangkap Kertas (*Card Trap*)

Berupa lembaran kertas karton dengan permukaan bergelombang, berukuran 5 cm x 15 cm, dan diletakkan di antara tumpukan karung penyimpanan. Metode ini sesuai untuk menangkap kumbang *Tribolium*, *Cryptolestes*, *Ahasverus*, *Carphophilus*, larva ngengat *Corcyra* dan *Ephestia*.

4.2.2 Perangkap Berperekat (*Sticky Trap*)

Berupa lembaran kertas karton atau plastik yang dilapisi lem perekat serangga. Sesuai untuk menangkap berbagai serangga terbang seperti ngengat gudang *Sitotroga*, kumbang moncong *Sitophilus*, dan berbagai jenis parasitoid dalam gudang.

4.2.3 Perangkap Lampu (*Light Trap*)

Berupa unit lampu perangkap yang dilengkapi dengan alat pembunuh serangga. Perangkap ini mampu menarik berbagai jenis serangga (nokturnal) yang tertarik pada cahaya lampu.

4.2.4 Umpan (*Food Trap*)

Berupa kantung kecil berbahan kain kasa atau nilon yang diisi umpan berupa biji-bijian untuk menarik kedatangan serangga. Kantong tersebut diletakkan di dalam dan luar gudang.

4.2.5 Penyedot (*Suction Trap*)

Berupa mesin penghisap untuk menyedot berbagai jenis serangga di lantai, celah-celah kecil, di bawah pallet, dan karung kemasan.

4.3 Feromon (*Pheromone Trap*)

Feromon merupakan senyawa kimia yang dihasilkan oleh serangga untuk berkomunikasi dengan individu lain dalam satu spesies. Feromon biasanya bersifat spesifik spesies dan pada serangga dikenal dua macam feromon, yaitu agregat feromon dan seks feromon. Seks feromon lebih populer dan telah digunakan secara luas untuk pengendalian. Misalnya uegenol yang dihasilkan oleh betina (siap kawin) untuk memanggil jantan.

4.4 Pemantauan Tikus, Burung, dan Kelelawar

Pemantauan bertujuan untuk mengetahui kehadiran kelompok hama tersebut di gudang penyimpanan. Pengamatan dilakukan secara menyeluruh terhadap komoditas simpanan, peralatan, dan bangunan. Tikus diamati dengan cara melihat tanda-tanda kehadirannya seperti jejak kaki (*foot print*), jalur jalan (*run way*), kotoran (*feces*), bau yang disebabkan oleh air kencing tikus, rambut, bekas aktivitas makan, lubang keluar masuk, bangkai tikus, lokasi bersarang (*nesting site*), dan kerusakan pada struktur bangunan akibat gigitan tikus pada

palet, kelistrikan, meja, kardus, dan sarana lainnya. Keberadaan burung dan kelelawar diketahui dari kotoran, suara, dan sarangnya (Meehan, 1984; Buckle dan Smith, 1994; Priyambodo, 2005).

5. PENGENDALIAN

Pengendalian hama gudang merupakan upaya untuk mempertahankan kualitas gabah atau beras agar sesuai dengan standar mutu dan aman dikonsumsi. Oleh karena itu, pengendalian lebih diutamakan pada tindakan pencegahan dengan selalu menjaga sanitasi gudang (Dosland, 2000; Koehler, 2003). Penggunaan beragam metode pengendalian selama periode simpan disesuaikan dengan teknik penyimpanan yang digunakan. Prinsip dasar pengendalian hama gudang meliputi penanganan dan pengolahan hasil panen, pengelolaan dan sanitasi gudang, manipulasi lingkungan fisik, pemantauan hama, peningkatan keterampilan dan kemampuan operasional pengelola gudang (Andales, 1988; Wagiman, 1992; Emery, 2005).

5.1 Di Tingkat Petani dan Rumah Tangga

Petani pada umumnya menyimpan sebagian hasil panennya untuk memenuhi kebutuhan bahan pangan atau digunakan sebagai benih pada musim berikutnya. Volume padi yang disimpan bervariasi, bergantung pada jumlah anggota keluarga atau kebutuhan benih. Setelah dikeringkan, padi disimpan dalam bentuk gabah kering giling (GKG) dengan memasukkannya ke dalam karung plastik dan diletakkan pada salah satu ruang yang difungsikan sebagai gudang penyimpanan. Pemilahan biji padi yang bernas untuk disimpan dilakukan secara manual dengan cara ditampi menggunakan alat dari anyaman bambu atau memanfaatkan angin (Jawa: disilir). Adakalanya gudang yang selain digunakan untuk menyimpan gabah juga diperuntukan bagi penyimpanan benda lain dan kebersihannya terabaikan.

Di Indonesia, penggunaan lumbung sebagai tempat penyimpanan padi sudah mulai ditinggalkan. Pada saat ini, pemanfaatan lumbung padi hanya ditemukan di lingkungan masyarakat tradisional, misalnya suku Badui di Provinsi Banten dan beberapa suku di luar Jawa. Menurut Rickman dan Gummert (2005), penyimpanan padi dalam lumbung masih banyak dijumpai di Laos. Di Kamboja, sebagian besar padi disimpan dalam kotak besar dari anyaman bambu (*woven basket*), di Bangladesh pada pot-pot besar dari tanah liat (*clay pot*), dan di Bhutan pada wadah dari kaleng besar (*steel bins*) dan bak besar yang dibuat dari semen (*concrete bin*).

Pengendalian hama gudang secara tradisional biasanya dengan cara menyclipkan beberapa lembar daun sirsak (*Annona muricata*) dan daun nimba

(*Azadirachta indica*) atau serbuk biji buah sirsak di antara tumpukan karung. Teknik lain adalah meletakkan abu hasil pembakaran merang padi di bawah karung-karung gabah untuk menjaga kelembaban ruang penyimpanan. Sebagian gabah yang akan digunakan sebagai benih disimpan di atas para-para dapur untuk tujuan pengasapan dan pemanasan.

Introduksi teknologi penyimpanan di tingkat petani diarahkan untuk memperbaiki kondisi ruang simpan dan penggunaan kemasan yang baik dan kuat. Gabah sebaiknya disimpan dalam ruang khusus dan terpisah dengan barang lain, kebersihannya selalu dijaga, terlindung dari hujan dan matahari langsung. IRRI (*International Rice Research Institute*) menganjurkan penyimpanan gabah secara hermetik, yaitu metode penyimpanan biji-bijian dengan wadah tertutup rapat untuk menghentikan aliran/pertukaran oksigen dan menjaga kelembaban udara (Gummert *et al.*, 2004). Dalam hal ini dapat digunakan berbagai jenis wadah seperti drum plastik, drum logam, pot tanah liat yang besar atau jerigen plastik yang besar. Penggunaan karung plastik sebaiknya dirangkap dengan pemakaian kantung plastik di dalamnya. Khusus untuk kemasan plastik, IRRI mengembangkan *superbag* yang di Indonesia dikenal dengan nama "kantong semar". Menurut Rickman dan Gummert (2005), *superbag* memiliki keunggulan dibanding karung plastik biasa, di antaranya (1) memperpanjang usia simpan benih padi, (2) mencegah serangan hama gudang, (3) ramah lingkungan karena tanpa penggunaan pestisida, dan (4) proporsi beras kepala 10% lebih tinggi.

Prosedur pemakaian *superbag* untuk penyimpanan padi (Rickman dan Gummert 2005) sebagai berikut.

- *Superbag* dimasukkan ke dalam karung plastik dan dibuka hingga melapisi sisi dalam karung plastik tersebut.
- Memasukkan beras (kadar air 14%) atau gabah (kadar air 12%) yang akan disimpan ke dalam *superbag*.
- Membuang udara yang ada di bagian atas beras/gabah dengan menyatukan sisa/ujung *superbag* dengan cara memutar/memilin.
- Melipat sisa pilinan *superbag* menjadi dua, merapikan, dan mengikatnya dengan karet gelang atau tali lain.
- Merapikan dan mengikat karung plastik (pembungkus luar) dan diusahakan agar tidak merusak *superbag*.
- *Superbag* dapat digunakan berulang kali apabila tidak rusak.

5.2 Pada Gudang Penyimpanan di Penggilingan

Unit penggilingan padi skala kecil (kapasitas produksi kurang dari dua ton per hari) biasanya tidak memiliki gudang penyimpanan permanen. Pabrik tersebut menjalankan usaha jasa penggilingan gabah dari petani atau memproses langsung gabah setelah dikeringkan. Gudang penyimpanan padi biasanya

dimiliki unit penggilingan padi skala menengah (kapasitas 5–10 ton per hari) dan skala besar (kapasitas di atas 10 ton per hari). Gudang penyimpanan biasanya berupa bangunan permanen atau semi permanen dengan lantai diplester semen. Gabah yang sudah dikeringkan dimasukkan ke dalam karung plastik dan disusun di gudang tersebut di atas palet-palet kayu. Volume simpan gabah bergantung pada kapasitas gudang dan kemampuan finansial pemilik. Lama periode simpan biasanya berlangsung 4–6 bulan, bergantung pada waktu panen musim tanam berikutnya.

Pengendalian hama gudang diupayakan dengan cara membersihkan gudang dan peralatan penyimpanan, seleksi gabah yang akan disimpan, dan penggunaan kemasan yang bersih dan tidak terinfestasi hama gudang. Gabah yang terserang hama segera disingkirkan.

5.3 Pada Gudang Penyimpanan Pedagang

Pedagang umumnya menyimpan beras dalam periode yang relatif singkat. Hanya pedagang besar (antarpulau) yang menyimpan beras hingga beberapa bulan. Volume simpan bergantung pada tingkatan pedagang (pedagang induk, grosir, pengecer). Pedagang grosir dan pengecer umumnya menyimpan beras di ruang penyimpanan setelah dimasukkan ke dalam karung plastik dengan volume berkisar antara 5–50 kg. Pedagang besar yang memiliki stok beras yang banyak mempunyai tempat penyimpanan khusus.

Di Indonesia, para pedagang beras yang beromzet besar memproses sendiri berasnya dan memiliki unit penggilingan sendiri. Mereka menampung hasil panen petani dan memproses pascapanennya hingga menjadi beras siap jual. Biasanya mereka memiliki dua jenis gudang, yaitu gudang penyimpanan gabah dan gudang penyimpanan beras. Periode simpan gabah biasanya lebih lama karena gabah diproses jika harga beras tinggi atau banyak permintaan (*order*). Dalam hal ini, pengendalian hama gudang relatif minimum karena periode simpan beras relatif singkat. Hama gudang sebaiknya dikendalikan dengan cara memisahkan gudang untuk penyimpanan gabah dan beras, selalu menjaga sanitasi gudang dan peralatannya, serta memberlakukan sistem FIFO (*first in first out*). Dalam pelaksanaan sistem FIFO, beras atau gabah yang disimpan lebih dahulu harus dikeluarkan atau dijual lebih dahulu.

5.4 Pada Gudang BULOG

Peraturan tentang proses produksi, penyimpanan, pengangkutan, dan peredaran komoditas pangan telah diatur dalam UU No. 7 Tahun 1996 tentang pangan (<http://www.bulog.co.id/uupangan.php>). Proses penyimpanan stok pangan nasional merupakan salah satu tugas pokok Perum Bulog sebagaimana

tercermin dari Peraturan Pemerintah No. 7 tahun 2003 tentang pendirian badan umum milik negara (<http://www.bulog.co.id/ppbulog.php>).

Dalam pelaksanaannya, Bulog menyimpan beras untuk jangka pendek dan menyimpan gabah untuk jangka panjang. Kapasitas gudang penyimpanan Bulog relatif besar dan dilengkapi dengan sarana penyimpanan modern. Penyimpanan dilakukan dalam dua metode, yaitu metode bulk menggunakan silo berkapasitas besar dan penyimpanan dalam kemasan karung. Prosedur kerja penyimpanan telah memiliki standar baku sejak penerimaan, pemrosesan, hingga pengeluaran stok. Pengendalian hama gudang meliputi sanitasi, pemantauan berkala, sampling hama, dan pencegahan sesuai tata kerja baku.

5.5 Sanitasi

Sanitasi dilakukan terhadap bangunan, kemasan penyimpan (karung, kotak, atau kemasan lain), dinding, lantai, peralatan (forklift, palet), dan lingkungan sekitar gudang. Pengendalian secara fisik mekanik adalah memodifikasi keadaan fisik atau manipulasi lingkungan agar tidak kondusif bagi kelangsungan hidup (*survival*) hama dengan cara berikut.

- Pemilihan gabah dan beras yang akan disimpan secara seksama. Hanya gabah atau beras yang berkualitas baik saja yang diijinkan masuk dan disimpan dalam gudang. Gabah atau beras tersebut harus bebas dari kotoran, butir hijau, butir mengapur, butir pecah, dan sebagainya.
- Pemasangan penghalang fisik, terutama pada bagian gudang yang biasa digunakan sebagai "pintu masuk" (*portal entry*) hama. Misalnya memasang kawat loket dengan ukuran mata kurang dari 1 cm pada jendela dan ventilasi untuk mencegah masuknya burung, tikus, dan kelelawar. Selain itu, menggunakan bahan kemasan yang kuat agar serangga hama tidak mampu menembusnya.
- Pengeringan gabah hingga berkadar air yang aman untuk disimpan. Pada musim hujan, kadar air gabah dapat diturunkan dengan memanfaatkan pengering buatan seperti oven, *box dryer*, dan *continuous dryer*. Gabah dengan kadar air yang rendah pada saat disimpan dapat menekan perkembangan serangga hama.
- Pengaturan suhu dan kelembaban udara ruang penyimpanan. Aerasi yang baik dapat mencegah peningkatan suhu dan kelembaban ruang penyimpanan, sehingga tingkat kerusakan gabah yang disimpan dapat ditekan. Gabah juga dapat disimpan dalam ruang berpendingin untuk menghambat metabolisme hama.
- Penyimpanan gabah dalam ruang hampa udara dengan cara menggunakan gas nitrogen dan karbon dioksida untuk menghalangi serangga memperoleh oksigen.

5.6 Pengendalian Kimiawi

Pengendalian secara kimiawi atau menggunakan bahan kimia, terutama pestisida, bertujuan untuk membunuh atau mengganggu aktivitas hama gudang. Cara ini merupakan tindakan terakhir apabila usaha pengendalian lain tidak berhasil. Keputusan untuk menggunakan pestisida harus didasarkan atas hasil pemantauan hama (Syarief dan Halid, 1993; Andales, 1988; Koehler, 2003). Pestisida dapat diaplikasikan dengan beberapa cara, seperti (1) fumigasi gabah di bawah lembaran terpal (*sheet tarpaulin*) kedap gas, (2) penyemprotan pada permukaan gabah, dinding, lantai, kemasan, dan ruang penyimpanan, dan (3) pencampuran pestisida bertoksitas rendah dengan gabah. Pestisida yang digunakan adalah yang efektif membunuh serangga tetapi tidak berbahaya bagi manusia.

5.7 Fumigasi

Fumigasi merupakan teknik pengendalian yang menggunakan fumigan untuk membunuh hama. Hingga saat ini, teknik tersebut paling banyak digunakan karena memiliki tingkat keefektifan yang tinggi (Koehler, 2003). Fumigan merupakan senyawa kimia beracun yang pada suhu kamar berubah menjadi gas yang mematikan. Fumigasi umumnya dilakukan di dalam ruangan tertutup rapat, misalnya di bawah lembaran terpal kedap udara, dalam kontainer (peti kemas), atau di ruangan khusus untuk fumigasi (Suyono dan Sukarna, 1991; Lyon, 1991).

Fumigan dapat dibedakan ke dalam tiga jenis, yaitu fumigan dengan titik didih rendah, fumigan cair, dan fumigan baku (berbentuk tablet). Fumigan dengan titik didih rendah antara lain adalah metil bromida yang mempunyai titik didih 3,6° C dan pada umumnya ditempatkan dalam tabung besi atau kaleng bertekanan tinggi. Pemakaiannya menggunakan pipa tahan tekanan, sehingga racun dapat menyebar rata pada seluruh gabah. Fumigan cair pada umumnya berbahan aktif karbon tetraklorida, etilin diklorida, dan asam belerang. Dalam pemakaiannya diperlukan aplikator khusus. Fumigan tablet yang berbahan aktif aluminium fosfida akan bereaksi dengan uap air di udara sehingga mengeluarkan gas fosfin yang bersifat toksik. Beberapa jenis fumigan untuk pengendalian hama gudang yang terdapat di pasaran adalah:

- a. *Methyl bromide* (CH_3Br). Berdasarkan Peraturan Menteri Perdagangan nomor 51/M-DAG/PER/12/2007, Pemerintah melarang impor dan penggunaan bahan kimia ini sejak 1 Januari 2008 sebagai salah satu upaya untuk mengurangi dampak pemanasan global. Metil bromida merupakan salah satu fumigan yang dipakai secara luas di seluruh dunia untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman (hama), baik di gudang penyimpanan maupun untuk keperluan karantina dan prapengapalan.

Penggunaan metil bromida mencapai 97% dari total produksi. Metil bromida termasuk bahan perusak lapisan ozon terbesar kedua setelah Halon. Karena itu, penggunaannya diatur oleh Amandemen Kopenhagen (1992) yang merupakan lanjutan dari Protokol Montreal yang ditandatangani oleh hampir seluruh negara di dunia.

- b. *Aluminium phosphate*, misalnya posphine dan phostoxin
- c. *Magnesium phosphate*, misalnya magtoxin.
- d. Karbondioksida (CO_2). Sebagian besar kalangan industri di negara maju telah menggunakan fumigan yang ramah lingkungan dengan pendekatan pengelolaan hama secara terpadu. Standar baku kualitas awal bahan sebelum disimpan benar-benar diawasi dengan pemberlakuan prosedur yang ketat. Pengaturan komposisi udara, suhu, dan kelembaban dalam gudang penyimpanan, dan penggunaan fumigan bersifat ramah lingkungan seperti gas CO_2 (MARDI, 2008).

Penggunaan fumigan yang ramah lingkungan merupakan salah satu isu penting dalam keamanan pangan saat ini. Salah satu fumigan yang penggunaannya semakin populer adalah gas CO_2 . Metode fumigasi dengan cara tersebut relatif murah karena peralatan dan prosedur kerjanya sederhana. Fumigasi dengan CO_2 terbukti efektif menanggulangi infestasi hama gudang, ramah lingkungan karena tanpa penggunaan pestisida, dan tidak menimbulkan kerusakan padi dalam penyimpanan jangka panjang (lebih dari dua tahun). Kualitas nasi (rasa, warna, bau, dan tekstur) dari padi yang disimpan dengan metode tersebut tidak mengalami perubahan. Kelemahan metode ini adalah memerlukan waktu lebih lama pada saat aplikasi. Sebagai perbandingan bahwa penggunaan fumigan konvensional memerlukan waktu 2–4 hari, sedangkan dengan fumigan CO_2 membutuhkan 10–15 hari. Teknik ini juga dapat digunakan untuk penyimpanan komoditas pertanian yang lain (MARDI, 2008).

Fumigan CO_2 pemakaiannya ditujukan untuk penyimpanan padi dalam karung. Karung-karung penyimpanan padi yang telah disusun rapi ditutup rapat dengan terpal dari bahan plastik PVC yang kedap udara pada seluruh bagiannya. Pada setiap sambungan, terutama bagian atas dan bawah, dilapisi dengan bahan penyekat (*plastic sealant*) agar tidak bocor sehingga gas CO_2 dapat tertahan di dalamnya. Setelah penyungkupan selesai, udara dalam sungkup plastik PVC disedot keluar dan selanjutnya gas CO_2 dialirkan ke dalamnya. Konsentrasi minimum gas CO_2 yang diperlukan untuk fumigasi adalah 1,4 kg per ton. CO_2 dialirkan dari bagian bawah melalui saluran khusus hingga konsentrasi gas mencapai 80% pada bagian bawah tumpukan dan 35% pada bagian atas selama 15 hari. Di Malaysia, metode tersebut telah secara luas digunakan dan terbukti efektif mengendalikan serangga, tikus, burung, dan jamur selama periode penyimpanan padi (MARDI, 2008).

- e. Asam Sianida (HCN), jenis ini khusus untuk fumigasi tikus di atas kapal dan di Indonesia penggunaannya dengan pengawasan ketat sejak masa orde baru.

5.8 Pelaksanaan Pengendalian

5.8.1 Sebelum Gabah Disimpan dalam Gudang Penyimpanan

- Padi yang akan disimpan harus memenuhi standar kualifikasi, yaitu biji harus bersih, bernas dan kering (kadar air dibawah 12%), serta bebas hama dan butir rusak. Kondisi awal gabah atau beras yang berkualitas baik sangat berperan mengurangi serangan hama gudang.
- Sanitasi bangunan gudang, peralatan, kemasan, dan lingkungan sekitarnya. Sumber infestasi hama dibersihkan, semua unit alat pengolahan, perabotan gudang, karung, dan kemasan lain dibersihkan dari debu, sisa-sisa komoditas dan hama sebelum digunakan kembali.
- Kegiatan pascapanen meliputi pemanenan, pengangkutan, pengeringan, pemilahan, dan pengemasan harus dilakukan dengan teknik, peralatan, dan prosedur kerja sesuai standar kualifikasi agar bebas hama dan patogen.

5.8.2 Di Dalam Gudang Penyimpanan

- Dilakukan pemantauan secara rutin dan berkala sebagai dasar pengambilan keputusan pengendalian.
- Pengelolaan gudang secara benar dan selalu memelihara sanitasi. Penerapan teknik penyimpanan, penerapan sistem *first in first out*, menolak padi yang tidak memenuhi standar kualifikasi, serta tidak mencampur komoditi lama dengan yang baru.
- Manipulasi lingkungan fisik gudang. Kondisi lingkungan fisik diupayakan aman bagi gabah atau beras yang disimpan dan tidak menguntungkan bagi kelangsungan hidup, keamanan, dan perkembangbiakan hama.

DAFTAR PUSTAKA

- Andales, S.C. 1988. "Summary Requirements for Safe Grain Storage". In Semple, R.L. *et al.* (Ed.), Towards Integrated Commodity and Pest Management in Grain Storage. Proceedings and Selected Papers from the Regional Training Course on Integrated Pest Management Strategies in Grain Storage Systems. Philippines: National Post Harvest Institute for Research and Extension (NAPHIRE), Department of Agriculture, June 6–18, 1988.
- Boque, M.M. 1988. "Biology and Control of Other Storage Pests". In Semple, R.L. *et al.* (Ed.), Towards Integrated Commodity and Pest Management in Grain Storage. Proceedings and Selected Papers from the Regional Training Course on Integrated Pest Management Strategies in Grain Storage Systems. Philippines: National Post Harvest Institute for Research and Extension (NAPHIRE), Department of Agriculture, June 6–18, 1988.
- Buckle, A.P. and R.H. Smith. 1994. Rodent Pest and Their Control. Cab International. University Press, Cambridge.
- Caliboso, F.M. 1988. Birds as Pests of Grain Stores. In Semple, R.L. *et al.* (Ed.), Towards Integrated Commodity and Pest Management in Grain Storage. Proceedings and Selected Papers from the Regional Training Course on Integrated Pest Management Strategies in Grain Storage Systems. Philippines: National Post Harvest Institute for Research and Extension (NAPHIRE), Department of Agriculture, June 6-18, 1988.
- CPC (Crop Protection Compendium). 2000. "Global Module". 2nd ed. CDRom.
- de Padua, D. 1998. "Post-Production Grain Losses". (www.fao.org/docrep/diakses 12 Mei 2008).
- Dosland, O. 2000. "Managing Insect Pests in Food Storage Facilities". IPM Booklet by Copesian (Specialist in Pest Solutions).
- Ebeling, W. 2002. "Urban Entomology. Chapter 7: Pests of Stored Food Products". (www.entomology.ucr.edu/plates, diakses 27 Juni 2006).
- Emery, R. 2005. "Control of Stored Food Insects". Dept. of Agriculture and State of Western Australia: Garden Note No. 45.
- Gummert, M. *et al.* 2004. "Rice Fact Sheet: Grain Storage Hermetically Sealed Systems". International Rice Research Institute (IRRI). (http://www.knowledgebank.irri.org/factsheets/Post-Harvest_Management/fs_grain/Storage/Hermetic.pdf, diakses 29 Mei 2008).
- Hayasi, T. 2003. "Control of Stored Product Insect Pest Using Natural Enemies". JIRCAS Newsletter No. 34.

- Hoffmann, J.E. *et al.* 2000. "The Rice Manual". Frankfurt: AgrEvo. p. 40–41.
<http://www.bulog.co.id/ppbulog.php>
<http://www.bulog.co.id/uupangan.php>
- IRRI (International Rice Research Institute). 2008. "Cereal Knowledge Bank: Rice Quality". (www.knowledgebank.irri.org/riceQuality/default.htm#Common_Storage_Pests.htm, diakses 29 Mei 2008). p. 14–20.
- Kabir, S.M.H. 2006. "Rice. Banglapedia" (National Encyclopedia of Bangladesh). (Diakses 29 Mei 2008).
- Kartasapoetra, A.G. 1987. Hama Hasil Tanaman Dalam Gudang. Jakarta : Bina Aksara.
- Koehler, P.G. 2003. "Management of Stored Grain and Peanut Pests. (<http://edis.ifas.ufl.edu>, diakses 29 Mei 2008).
- Lyon, W.F. 1991. "Granary and Rice Weevils". In Kenny R (Ed.), Entomology. (www.ohioline.osu.edu/hyg-fact, diakses 27 Juni 2006).
- Manalabe, R.E. 1988. "Grain Aeration". In : Semple, R.L. *et al.* (Ed.), Towards Integrated Commodity and Pest Management in Grain Storage. Proceedings and Selected Papers from the Regional Training Course on Integrated Pest Management Strategies in Grain Storage Systems. Philippines: National Post Harvest Institute for Research and Extension (NAPHIRE), Department of Agriculture, June 6–18, 1988.
- MARDI (Malaysian Agriculture Research and Development Institute). 2008. "Sealed Storage with CO2 Gas: A Pest Control and Rice Quality Maintenance Technique". ([agromedia.mardi.my/imageupload/padi_storage%](http://agromedia.mardi.my/imageupload/padi_storage%20), diakses 29 Mei 2008).
- Meehan, A.P. 1984. "Rats and Mice. Their Biology and Control". West Sussex : Rentokil Ltd.
- Peng, W.K. and B. Morallo-Rejesus. 1988. Grain Storage Pest. In (IRRI) International Rice Research Institute. Rice Seed Health. Proceedings of the International Workshop on Rice Seed Health. Manila: IRRI, March 16–20, 1987. p. 161–178.
- "Pest of Stored Product". www.sarawak.com.my/borneo_lit/pest. diakses 27 Juni 2006.
- Prevett, P.F. 2000. "Stored Product Entomology. Food Storage Manual". Britain: Tropical Stored Products Centre, Ministry of Overseas and Development.
- "Principal Insect Pest of Stored Grains and Oils Seeds". www.res2.agr.ca/winnipeg/storage. diakses 27 Juni 2006.
- Priyambodo; S. 2005. "Bioekologi dan Pengelolaan Tikus". Makalah Pelatihan. Pusat Kajian Pengendalian Hama Terpadu, Institut Pertanian Bogor.

- Rickman, J.F. and M. Gummert. 2005. "Rice fact sheet. Grain Storage:The IRRI Super Bag". International Rice Research Institute (IRRI) (http://www.knowledgebank.irri.org/factsheets/PostHarvest_Management/fs_grain/Storage/Superbag.pdf, diakses 29 Mei 2008).
- Setyono, A. dkk. 2007. "Peningkatan Rendemen, Kualitas dan Daya Simpan Beras Padi Hibrindo". Laporan Penelitian. Kerjasama BB Padi dengan PT Bayer Tbk.
- Syarief, R dan H. Halid. 1993. Teknologi Penyimpanan Pangan. Jakarta : Penerbit Arcan.
- Sudarmaji. 2004. "Dinamika Populasi Tikus Sawah *Rattus argentiventer* (Rob dan Kloss) pada Ekosistem Sawah Irigasi Teknis dengan Pola Tanam Padi-Padi-Bera". Disertasi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Suyono dan D. Sukarna. 1991. Hama Pascapanen dan Pengendaliannya. Dalam: Soenarjo, E. *et al.* (Ed.), Padi Buku 3. Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Hlm. 801–844.
- Tran, B.M.D. 1999a. "Postharvest and Storage Pests: Insects and Mites". Natural Resources Institute University of Greenwich, UK. Food Security Departement.
- Tran, B.M.D. 1999b. "Postharvest and Storage Pests: Insects and Mites". In CPC Global Module. CD Rom. CAB International.
- Trematerra, P. *et al.* 2004. "Spatio-Temporal Analysis of Insect Pests Infesting a Paddy Rice Storage Facility". Neotropical Entomology, 33(4): 469–479.
- USDA (United States Department of Agricultural). 1986. "Stored-grain insects. Agricultural handbook number 500". (www.uwyo.edu/plants/woyopest/Training/Manuals/MANUAL22.pdf, diakses 29 Mei 2008). p. 1–57.
- van Vreden, G. and A.L. Ahmadzabidi. 1986. Pest of Rice and Their Natural Enemies in Peninsular Malaysia. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation (Pudoc). p. 104–109.
- Wagiman, F.X. 1992. "Penerapan Pengendalian Hama Terpadu pada Komoditi Pascapanen". Dalam: Baehaki dkk. (Ed.),. Prosiding Simposium Penerapan Pengendalian Hama Terpadu 3–4 September 1992. Bandung: PEI. p. 72–88.