

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kerangka Teori

2.1.1. Pengelolaan Hama Beras di Gudang

Hama beras yang ada di gudang menimbulkan kerugian. Cara pengendalian yang utama dilakukan di gudang beras di seluruh Indonesia umumnya dua macam, adalah penyemprotan dan fumigasi. Hama gudang dapat berkembang dengan cepat di kisaran suhu 24-35°C (Hagstrum, 1996). Kondisi tersebut dapat ditemukan sepanjang tahun di lingkungan gudang tropika, termasuk Indonesia sehingga populasi hama gudang dapat berkembang secara terus-menerus.

Cara yang paling sering diterapkan untuk mencegah dan mengendalikan hama gudang ialah pengendalian kimia menggunakan pestisida kontak dan fumigan (Sidik 1995, White, Leesch, 1996). Pestisida yang ideal untuk mengendalikan hama gudang hendaknya dapat membunuh hama sasaran dengan cepat tetapi aman di manusia dan lingkungan, memiliki efek residu selama jangka waktu yang diperlukan tetapi tidak meninggalkan residu di produk yang disimpan melebihi Batas Maksimum Residu (BMR), tidak mahal, mudah digunakan dan tidak mempengaruhi aroma produk yang disimpan.

Bercampurnya serangga gudang dengan bahan yang akan disimpan di tahap awal sulit diketahui. Petani umumnya kurang peduli hal ini karena merasa telah menjemur bahan sampai tingkat kekeringan yang memadai untuk disimpan sehingga bahan sudah terbebas dari kehidupan organisme pengrusak. Namun kenyataannya serangga tetap dapat ditemukan dan hidup di bahan dalam simpanan. Menyimpan biji-bijian ternyata tidak hanya sebatas asal mengeringkan dan menyimpannya di tempat penyimpanan saja, melainkan harus disertai persiapan dan pengawasan yang cukup mengingat serangga gudang dapat sewaktu-waktu merusak.

Kegiatan menjaga produk biji-bijian dalam simpanan meliputi pencegahan dan pengendalian.

1. Pencegahan

Pencegahan terutama dilakukan sebelum kegiatan penyimpanan. Sasaran yang dituju menyangkut bahan itu sendiri dan tempat penyimpanan serta media penyimpanannya. Pencegahan dari bahan dilakukan dengan memilih biji yang masak dan kandungan airnya sesuai dengan anjuran.

Pencegahan yang berhubungan dengan tempat penyimpanan adalah berupa sanitasi lingkungan. Sanitasi di tempat atau ruang penyimpanan dilakukan secara fisik atau kimia. Sanitasi secara fisik dengan cara membersihkan tempat penyimpanan dari berbagai macam kotoran dan bahan yang rapuh. Jika dianggap perlu, bagian atap bangunan dibuka untuk sementara agar panas matahari dapat memanasi seluruh ruangan.

Bahan yang disimpan juga diberi zat kimia untuk menangkai serangan hama. Pencegahan cara kimia yang dilakukan tersebut sebenarnya adalah gabungan antara pengemasan bahan (pembungkusan) dengan perlakuan kimia. Bahan yang akan dikemas dengan karung, bagian luar kemasan disemprot dengan zat kimia (fumigan).

2. Pengendalian

Menyimpan bahan dalam keadaan kering secara tidak langsung dapat mencegah timbulnya kerusakan. Sejalan dengan perubahan waktu dan lingkungan, timbulnya kerusakan tidak dapat dielakkan. Adanya serangga atau patogen sulit ditemukan dari awal, dalam pertengahan waktu penyimpanan mungkin sudah dijumpai adanya kerusakan bahan. Sebelum timbul kerusakan yang serius, keadaan bahan dan kehidupan organisme pengrusak perlu dikendalikan. Cara mengendalikan bahan dan kehidupan organisme pengganggu dalam simpanan dapat ditempuh melalui cara:

a. Kontrol mutu biji

Mengingat risiko kerusakan bahan dapat terjadi di jangka waktu simpan yang pendek maka pengawasan mutu biji simpanan perlu dilakukan. Pengawasan ini adalah bentuk pengawasan langsung biji-bijian setelah melampaui jangka waktu penyimpanan tertentu. Kontrol mutu biji-bijian dilakukan di tempat yang dianggap rawan dari kerusakan. Jika hasil pemantauan memperlihatkan adanya tanda-tanda kerusakan, tetapi kerusakannya belum mencapai tingkat yang

membahayakan sehingga upaya pengendalian pertama dapat dilakukan dengan cara membongkar dan memisahkan kemasan yang rusak untuk diperlakukan secara khusus. Jika cara pengendalian seperti ini tidak membawa hasil dan mutu biji simpanan keadaannya terus memburuk maka harus diambil keputusan akhir untuk mencari upaya penanggulangan yang tepat.

b. Kontrol populasi serangga

Pengawasan yang dilakukan atas perkembangan populasi organisme pengganggu, terutama kelompok serangga, adalah bentuk pengawasan secara tidak langsung atau dapat dikatakan sebagai upaya pengendalian secara lebih awal. Dalam kenyataannya, jumlah populasi serangga dapat dijadikan sebagai barometer untuk mengetahui tingkat kerusakan bahan yang sedang atau telah terjadi. Pengendalian populasi serangga dapat menggunakan pestisida (Nyoman, 1995).

Menurut Sarjono (2005) aplikasi pestisida dalam penyimpanan beras memiliki beberapa tujuan, adalah menjamin bangunan gudang yang akan dipakai untuk menyimpan ada dalam kondisi aman dilakukan upaya pencegahan, menjamin keamanan komoditi yang disimpan di gudang dengan melakukan perlindungan, dan memberantas serangan hama gudang yang telah berkembang.

Untuk penyimpanan jangka panjang, kadar air rendah (maksimum 14%) adalah syarat mutlak (Maruto, Afandi & Sutarna, 1996). Adanya persyaratan kilau beras menyebabkan beras yang dihasilkan petani atau pedagang pengumpul harus segera dipasarkan karena tidak tahan lama disimpan. Di tempat penyimpanan, beras yang demikian dapat menurun mutunya karena terjadi respirasi dan serangan hama gudang. Hasil penelitian Sakti (1997) memperlihatkan bahwa petani dan pedagang pengumpul di Karawang mengemukakan bahwa masalah organisme perusak yang mereka hadapi dalam penyimpanan gabah adalah tikus. Responden yang mengatakan bahwa serangga menjadi masalah hanya sekitar 2% petani dan 32% pedagang pengumpul. Sementara masalah yang dihadapi oleh 37,5% pedagang pengecer hanyalah tikus. Pedagang pengecer lain (62,5%) dan petani (10,5%) mengatakan tidak ada masalah dengan hama atau organisme perusak lainnya karena mereka tidak pernah menyimpan gabah dalam waktu lama. Pihak Divre Jaya mengatakan bahwa *T. castaneum* adalah hama

salah satu hama beras yang ada di gudang selain *sitophilus*. Pengendalian serangga menggunakan insektisida dengan penyemprotan permukaan juga dilakukan oleh pedagang pengumpul setiap 2 hingga 4 minggu. Penyemprotan dilakukan di permukaan tumpukan karung, dinding, dan pintu. Selain itu, di saat gudang kosong dan akan diisi kembali, mereka juga melaksanakan penyemprotan permukaan.

Turunnya mutu beras dalam gudang berkaitan dengan kelembaban, kadar air, hama dan umur simpan beras. Penyimpanan komoditas di Perum Bulog sebelum disalurkan dapat mencapai lebih dari 3 bulan. Komoditas yang tidak dilakukan perawatan secara baik dapat mengalami penurunan mutu karena meningkatnya kadar air, perubahan warna, bau dan berhama yang akibatnya merugikan konsumen. Kerusakan dan kerugian disebabkan oleh serangga memiliki perbedaan perkiraan, di Malaysia sekitar 5-10% untuk gudang komersil dan 7-14% untuk penyimpanan biasa untuk waktu 2-4 bulan untuk beras yang sudah digiling (Zulkifli & Rahim, 1992). Menurut Tandiang 1998 kehilangan hasil akibat serangga hama gudang dapat mencapai 85% dengan penyusutan bobot mencapai 17% di biji yang disimpan selama 6 bulan dengan penelitian yang dilakukan di Maros Sulsel.

Beras dengan kualitas buruk dapat menurunkan harga beras di pasar. Berdasarkan observasi yang dilakukan di beras yang kotor dan berbau tidak enak selama tahun 1977 sampai 1978 di Yogyakarta beras tersebut menjadi Rp 100 hingga Rp 115 per kilogram, sedangkan beras giling di pasaran antara Rp 115 – Rp 240 (Manueke, Yusuf & Maramis, 1995). Untuk mengembalikan beras enak yang telah berkurang atau hilang tersebut serta untuk mengembalikan nilai gizinya memerlukan biaya tambahan untuk pengolahan selanjutnya.

Berdasarkan data FAO/WHO (1982) kerusakan oleh hama pasca panen di simpanan biji-bijian diperkirakan mencapai 10 persen dari produksi dunia. Di Filipina, kehilangan berat beras yang disimpan akibat serangan hama dari golongan serangga selama 13 bulan adalah sekitar 21 persen (Caliboso & Miriam, 1992). Di Thailand, gabah yang disimpan pedagang mengalami kehilangan berat karena serangan hama pasca panen lebih dari 5 persen (Nilpanit & Sukprakarn,

1992). Malaysia mengalami kehilangan berat 5-10 persen akibat hama pasca panen (Tan & Lim 1988).

2.1.2. Ekologi serangga hama gudang

Terdapat dua faktor utama yang mempengaruhi komoditas di saat penyimpanan, adalah faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal, adalah faktor yang berasal dari bahannya sendiri dan berhubungan dengan komponen mutu. Faktor eksternal berasal dari luar bahannya sendiri, termasuk didalamnya kondisi lingkungan dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi komoditas (Suharno, 2005).

Kerusakan beras/ gabah dalam penyimpanan dipengaruhi oleh empat faktor utama adalah faktor bahan yang disimpan, gudang tempat penyimpanan, lingkungan sekitar gudang dan perlakuan untuk mempertahankan kualitas serta interaksi diantara empat faktor tersebut Menurut (Maruto, Afandi & Sutarna, 1996).

Serangga-serangga utama yang menyerang beras dan gabah antara lain *Sitophilus*, *Tribolium castaneum*, *Coryra cephalonica*, *Ephestia cautella*, dan *Rhyzopertha dominica*. Serangga ini hidup dan berkembang biak di dalam gudang penyimpanan baik sebagai hama primer, hama sekunder, maupun sebagai pemakan kapang/ jamur di berbagai jenis komoditas pangan dan bahkan ada yang hidup sebagai predator/ pemangsa (Syarif & Halid, 1993)

Terdapat beberapa sumber investasi hama gudang, adalah

- (1) Investasi yang terjadi sejak di lapangan (di tahap prapanen dan terbawa masuk ke dalam gudang).
- (2) Investasi berasal dari serangga yang bertahan di sisa-sisa komoditas dari penyimpanan sebelumnya, baik di gudang, di sistem transportasi (kontainer, palka kapal), maupun di lokasi pengolahan, misalnya pabrik penggilingan padi.
- (3) Komoditas sudah terinvestasi yang disimpan di tempat yang sama dengan komoditas yang belum terinvestasi.

- (4) Serangga yang secara aktif terbang dan masuk melalui lubang ventilasi atau lubang-lubang kecil yang terdapat di dinding dan atap gudang.

Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan populasi serangga hama gudang adalah:

1. Suhu

Serangga adalah hewan poikilotermik, suhu tubuhnya mengikuti suhu udara habitat. Oleh karena itu suhu adalah faktor yang paling berpengaruh di kehidupan semua spesies serangga, termasuk serangga hama gudang. Di kisaran suhu tertentu, untuk serangga di daerah tropika 25 – 35 °C, semakin tinggi suhu lingkungan pertumbuhan maka populasi akan berkembang semakin cepat (Sakti, 2006). Suhu udara erat kaitannya dengan kecepatan reaksi dan perubahan kadar air, yang selanjutnya menjadi penyebab kerusakan bahan pangan yang disimpan. Jika gabah/ beras terkena panas maka akan terjadi pemindahan panas yang menyebabkan air di dalamnya akan menguap sehingga kadar airnya menurun. (Ruiten, 1981)

2. Kelembaban

Bahan pangan, termasuk biji-bijian bersifat higroskopis, artinya dapat menyerap dan melepas air dari dan ke udara sekitarnya (Allidawati & Bambang, 1989). Serangga hama gudang dapat adaptasi di kondisi yang relatif kering.

Berdasarkan penelitian Gunarto (1990), jumlah populasi total *S. oryzae* dan kerusakannya cenderung naik di kelembaban 60% sampai 75% dan suhu 22°C sampai 25°C., tetapi turun lagi setelah suhu 25°C dan kelembaban 75%. Kondisi tersebut adalah kondisi optimal bagi perkembangan *S. oryzae*.

3. Kadar Air

Kadar air adalah kandungan air yang terdapat di suatu bahan. Kadar air di biji-bijian adalah indikasi yang penting untuk menentukan apakah biji dapat segera dipanen, cukup kering untuk penyimpanan, atau dapat digiling dengan hasil penyimpanan maksimum. Kadar air dari suatu bahan biasanya dinyatakan dalam persentase bobot berdasarkan bobot basah. Kadar air berpengaruh di kelangsungan hidup imago atau kemampuan larva menggerek masuk ke dalam biji (Padua, 1981).

4. Cahaya

Pengaruh cahaya di serangga dapat kita lihat dari adanya serangga yang aktif di siang hari (diurnal) dan di malam hari (nokturnal). Serangga tertentu tertarik cahaya dan memiliki kecenderungan untuk mendatangi sumber cahaya, misalnya ngengat (Sakti, 2006).

5. Makanan

Kondisi fisik dan kimia biji-bijian dapat mempengaruhi keragaman jenis serangga hama gudang yang menyerangnya. Kelompok serangga tertentu dapat menyerang biji-bijian yang masih utuh. Sementara kelompok serangga yang lain hanya dapat menyerang biji-bijian yang sudah tidak utuh lagi, misalnya yang rusak dalam penanganan, atau akibat serangan hama primer, atau komoditas yang telah mengalami pengolahan yang intensif misalnya tepung. Kelompok serangga ini disebut hama sekunder dan tidak menggerek (*eksternal feeder*), misalnya *Tribolium spp.*

6. Pengemasan, penyimpanan, dan rancangan gudang

Cara pengemasan dan penyimpanan komoditas dapat mempengaruhi berat ringannya serangan hama gudang. Pengemasan dan penyimpanan yang dilakukan dengan baik dan benar dapat meminimalkan peluang hama untuk masuk dan berkembang biak dalam tempat penyimpanan sehingga populasinya dapat dipertahankan di bawah ambang batas kerusakan ekonomi tanpa melibatkan penggunaan bahan kimia.

Bahan hasil pertanian di umumnya disimpan dalam tiga bentuk, adalah dionggokkan (*bulk*), dihamparkan, atau dikemas. Media penyimpanan tersebut diperlukan sebagai sarana untuk menempatkan bahan sebelum disimpan dalam tempat penyimpanan. Maksudnya untuk mempermudah pengaturan bahan di samping menghemat ruang atau tempat penyimpanan. Pemilihan media penyimpanan disesuaikan dengan jenis komoditas, volume bahan, dan jangka waktu yang dikehendaki. Tipe bangunan penyimpanan hasil pertanian yang diperbarui yang sekarang banyak dijumpai antara lain adalah gudang Bulog dan bangunan penyimpanan umum.

a. Gudang Bulog

Bangunan penyimpanan Bulog dapat dikatakan adalah modifikasi lumbung. Model dan konstruksi bangunan semakin disempurnakan sehingga lebih aman baik dari serangan hama gudang atau perubahan lingkungan yang tidak menguntungkan. Bentuk bangunan ini tampil lebih cantik, kokoh, bersih, dan menarik. Fungsi gudang ini adalah menyimpan bahan pokok kebutuhan orang banyak. Bangunan Bulog dibuat lebih permanen sehingga dapat berfungsi untuk jangka waktu yang lama. Kerangkanya terdiri atas logam (kerangka besi), dinding dari seng tebal bergelombang. Jendela ventilasi dibuat dalam bentuk memanjang menggunakan kasa kawat, terletak di bawah atap dan saling berhadapan. Lantai bangunan disemen, sehingga mudah dikeringkan dan dibersihkan. Ruangan dilengkapi dengan lampu penerang, sangat lapang karena tidak ditemukan tiang penyangga.

b. Bangunan penyimpanan umum

Bangunan penyimpanan umum adalah bangunan yang dibuat untuk menyimpan berbagai produk pertanian dengan memperhatikan segi-segi keselamatan bahan yang disimpan atau memperhatikan sifat-sifat bahan yang akan disimpan. Bangunan ini dapat dibuat berskala kecil sampai menengah yang dapat dijangkau oleh petani (Munawar, 1998)

Penelitian yang dilakukan oleh Sakti (1997) menyebutkan bahwa petani umumnya menyimpan dalam bentuk gabah, pedagang pengumpul menyimpan dalam bentuk gabah dan beras, dan pedagang pengecer menyimpan dalam bentuk beras. Sebagian petani, pedagang pengumpul dan semua pedagang pengecer menyimpan gabah atau beras di dalam karung plastik. Bulog sendiri menyimpan menggunakan karung plastik dengan jumlah tonase tertentu. Karung plastik dianggap lebih tahan lama, mudah diperoleh, dan lebih murah dari karung goni.

Penyimpanan di gudang Bulog dapat lebih dari 3 bulan, bahkan jika stok yang disimpan besar dapat melebihi 6 bulan. Menurut penelitian petani dan pedagang pengumpul biasanya menyimpan beras selama antara satu hingga tiga bulan. Sementara 75% pedagang pengecer di Karawang menyimpannya kurang dari satu bulan. Singkatnya masa penyimpanan tersebut adalah karena arus

permintaan pasar cukup tinggi, sehingga gabah yang masuk ke pedagang pengumpul akan segera digiling dan dikirim ke pasar, demikian juga beras yang ada di tangan pengecer akan segera terjual dalam waktu singkat (Sakti, 2006).

7. *Hot Spot* di tempat penyimpanan

Hot spot adalah titik-titik atau tempat-tempat tertentu dalam tumpukan komoditas di gudang yang mempunyai temperatur dan kadar air yang lebih tinggi dari lingkungan sekitarnya. *Hot spot* terjadi karena aktivitas respirasi serangga, biji-bijian, dan atau mikroorganisme yang hidup di tempat tersebut yang mengeluarkan panas, CO₂, dan uap air.

8. Pemencaran

Serangga hama gudang akan memencar dan meninggalkan tempat hidupnya kalau kondisi lingkungan tidak mendukung, baik karena suplai makanan yang menipis, kelembaban yang terlalu rendah, atau temperatur ekstrim.

9. Interaksi

Interaksi antar individu serangga di dalam gudang penyimpanan dapat terjadi baik dalam satu spesies maupun antar spesies. Interaksi antar spesies berperan penting dalam pengendalian populasi serangga hama gudang.

10. Komunikasi kimia (feromon) dan non feromon

Feromon adalah senyawa kimia yang dikeluarkan oleh individu suatu spesies serangga yang dapat mempengaruhi perilaku individu lain dari spesies yang sama. Feromon juga dapat menjadi media komunikasi antar individu dalam suatu spesies serangga. Di dalam tempat gudang penyimpanan biji-bijian juga sering terbentuk senyawa kimia non-feromon yang dikeluarkan oleh spesies serangga dan berpengaruh di aktivitas spesies serangga lain di tempat tersebut (Sakti, 2006).

2.1.3. Pesticida

Pesticida digunakan secara global dalam proses produksi makanan, serat dan kayu, pengelolaan lahan dan dalam pengendalian serangga-serangga pembawa penyakit dan hama-hama rumah tangga dan kebun. Dalam 40 tahun terakhir, masyarakat makin bergantung di bahan-bahan kimia dalam pengendalian serangga yang tidak diinginkan, gulma, cendawan dan jasad pengganggu lainnya. Dipandang dari sudut kimia dan fungsinya, pestisida sangat beraneka

ragam. Terdapat lebih dari 60 jenis bahan aktif (zat aktual yang membunuh) yang terdaftar dari pestisida yang digunakan dan penggunaannya dikombinasikan dengan berbagai macam bahan lain, seperti pembasmi hama, "*synergists*", dan "*inert ingredients*" ke dalam kira 40.000 jenis produk pestisida. (Koesnoputranto, 1999). Pestisida terdiri atas beberapa kelompok diantaranya insektisida, herbisida dan fungisida.

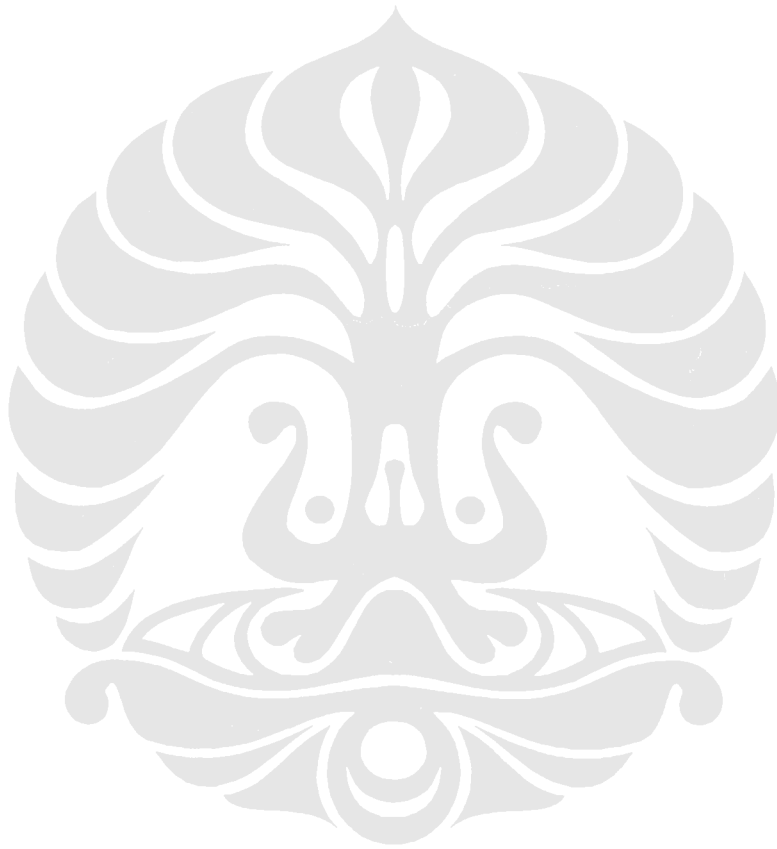
Pestisida adalah suatu zat untuk membunuh atau mengendalikan hama. Hama yang paling sering ditemukan adalah serangga. Beberapa diantaranya berlaku sebagai vektor untuk penyakit seperti malaria dan onkosersiasis yang ditularkan ke manusia. Pestisida yang dikendalikan pemakaiannya akan membantu mengendalikan penyakit, serangga dan gulma. Efek buruk yang dapat menyangkut manusia dan lingkungan adalah keracunan akut yang biasanya masuk melalui saluran nafas, absorpsi kulit atau makanan.

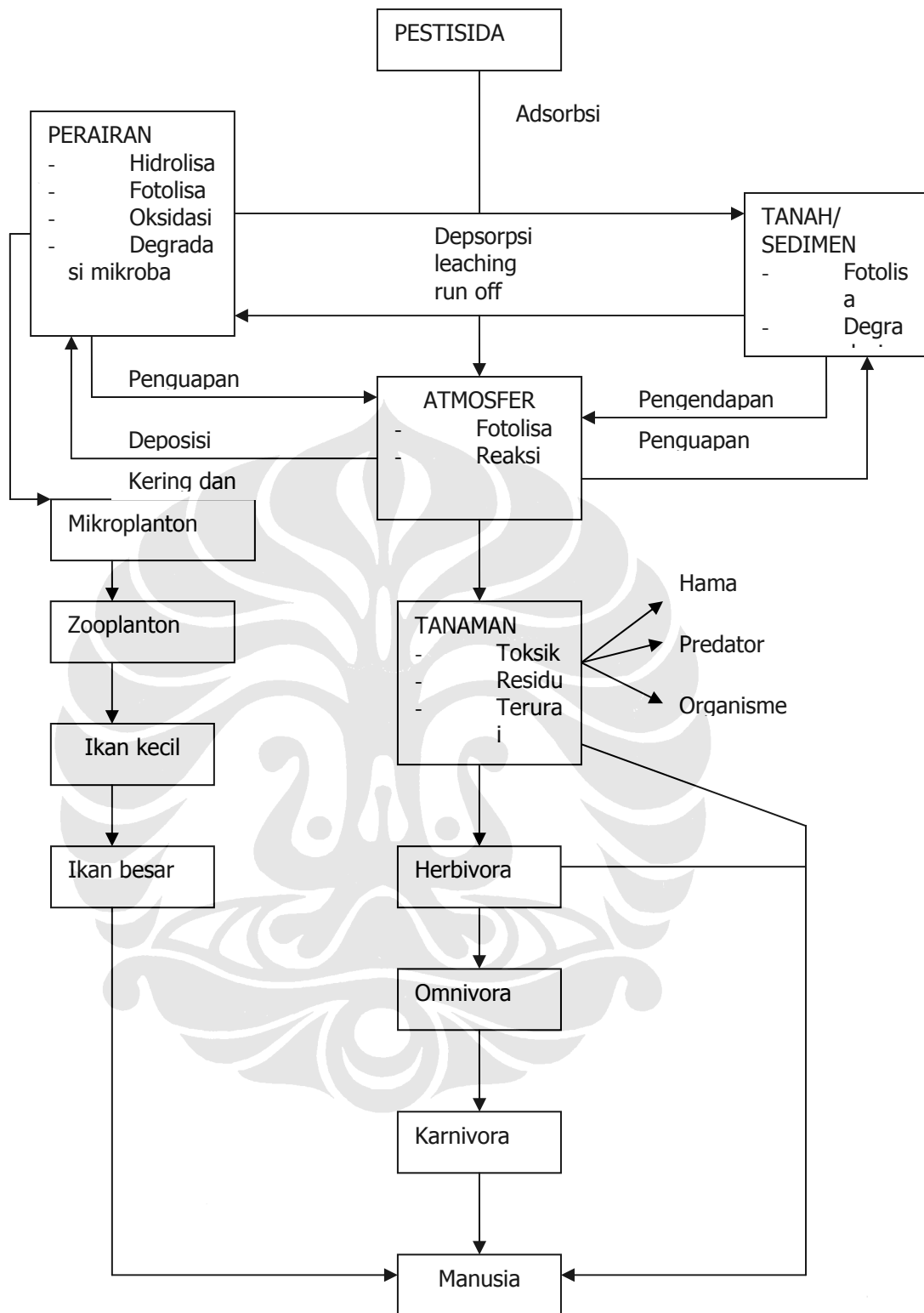
Manusia hidup dalam lingkungan zat kimia. Perkiraan memperlihatkan bahwa terdapat lebih 60.000 jenis zat kimia yang umum digunakan dan bertambah setiap tahunnya sekitar 500 jenis dan masuk ke pasaran untuk dikomersialkan (Aziz, 2003). Manusia dapat terpapar zat kimia yang digunakan dalam lingkungan pertanian seperti pestisida atau dalam pengelolaan makanan yang dapat menetap sebagai residu atau dalam produk-produk makanan (Katzung, 1993).

Dampak lingkungan penggunaan pestisida berkaitan dengan sifat mendasar yang penting untuk efektivitasnya sebagai pestisida. Pertama, pestisida cukup beracun untuk mempengaruhi semua kelompok taksonomi biota, termasuk makhluk bukan sasaran, sampai batas tertentu bergantung di di batas fisiologis dan ekologis. Kedua, banyak pestisida tahan degradasi lingkungan, sehingga dapat tahan dalam daerah yang diberi perlakuan dan dengan demikian keefektifannya dapat diperkuat. Sifat ini juga memberikan pengaruh jangka panjang dalam ekosistem alamiah (Connel & Miller, 1987)

Insektisida yang umumnya dipakai adalah senyawa hidrokarbon terklorinasi atau organoklor, serta senyawa-senyawa organofosfor. Jenis insektisida yang tergolong hidrokarbon terklorinasi adalah DDT, metoksiklor, klordan, aldrin dan

Dieldrin. DDT dan zat-zat yang berkaitan lainnya telah digunakan secara luas dalam pertanian karena keefektifan dan harga yang murah. Penggunaan mencapai maksimum di awal tahun 1970 tetapi telah dibatasi, karena berdampak di ekologi insektisida terklorinasi memperlihatkan beberapa sifat umum, adalah memiliki kelarutan dalam air yang rendah, cukup persisten dalam lingkungan alami, bersifat bioakumulasi dalam makhluk hidup dan bersifat biomagnifikasi dalam rantai makanan (Connel & Miller, 1987)





Gambar 1. Dinamika pestisida dalam lingkungan

Perjalanan pestisida di lingkungan hingga terakumulasi di manusia dapat dilihat di diagram di atas. Pestisida yang digunakan dapat terserap oleh tanah, air hingga udara. Pestisida tersebut di perairan dapat dimakan oleh organisme yang

kemudian terakumulasi dan dimakan oleh manusia. Herbivora, omnivora dan karnivora dapat menjadi mata rantai terakumulasinya residu pestisida di manusia.

Kuantitas fungisida lebih sedikit digunakan dibanding insektisida maupun herbisida. Meskipun demikian penggunaannya lebih beragam dibandingkan kedua kelompok lainnya. Zat-zat ini digunakan dalam operasi penghambatan pertumbuhan cendawan dalam pabrik kertas, *mildew-proofing* dalam bahan pakaian, penundaan pembersihan paska panen dalam buah-buah, sayur-sayuran, biji-bijian yang disimpan, dan sebagainya. Pembuangan ke lingkungan dan dampaknya di ekosistem alamiah umumnya rendah tetapi mungkin penting dalam beberapa kasus (Connell & Miller, 1987).

Pestisida yang biasanya digunakan untuk mengendalikan hama biji-bijian yang disimpan adalah dalam bentuk fumigan, insektisida kontak, dan rodentisida. Saat ini, pestisida memang masih memegang peran utama dalam kegiatan pengendalian hama gudang di penyimpanan dengan skala besar baik milik pemerintah maupun perusahaan swasta. Aplikasi semprot pestisida sering dilakukan sebagai perlakuan tambahan dari fumigasi, khususnya di bagian atau tempat yang tidak terfumigasi seperti tembok gudang, dan alat-alat transportasi. Pestisida kontak memberikan perlindungan persisten dari infestasi hama dalam jangka yang relatif lama. Beberapa jenis yang umum digunakan di gudang adalah kelompok organofosfat, piretroid, dan pengatur tumbuh serangga (*insect growth regulator*). Kelebihan teknik ini adalah memberikan perlindungan dalam jangka relatif lama, memerlukan sedikit keterampilan dibandingkan fumigasi dengan metil bromida, tidak perlu keadaan kedap udara, dan memerlukan waktu perlakuan relatif pendek. Kekurangannya adalah hanya untuk komoditas yang terdaftar, dapat menyebabkan resisten di serangga hama, meninggalkan residu, dan dapat beracun bagi manusia dan hewan (Hidayat & Halid, 2006).

Fumigan adalah bahan kimia beracun pembunuh serangga dalam bentuk gas. Namun bahan kimia yang digunakan juga beracun untuk organisme lain termasuk hewan dan manusia. Fumigan biasanya memiliki berat molekul yang rendah dan dapat menembus komoditas dan bangunan sehingga dapat mencapai

tempat infestasi hama. Karena sifatnya yang beracun, penjualan fumigan diatur dengan ketat dan aplikasinya harus dilakukan oleh teknisi yang terlatih dan bersertifikat. Fumigan adalah bahan yang sering dipakai dalam keperluan karantina dan pra-pengapalan. Dalam pelaksanaan fumigasi, komoditas harus tertutup dan kedap udara, karena fumigasi hanya membunuh hama di saat perlakuan dan tidak memberikan perlindungan di komoditas dalam jangka yang lama, maka cara perlindungan yang lain diperlukan, seperti penggunaan pestisida kontak (penyemprotan), (ACIAR, 2007).

fumigan juga ada yang berbahan aktif fosfin yang terdaftar diberbagai negara untuk desinfestasi komoditas tahan lama. Umumnya fumigan fosfin digunakan dalam bentuk formulasi dit seperti alumunium fosfit. Suhu dan kelembaban tertentu diperlukan agar fosfin dapat menguap. Fosfin dalam bentuk formulasi magnesium fosfit dapat melepaskan fosfin lebih cepat dan dapat digunakan di suhu lebih rendah, misalnya 5°C. Dalam perkembangannya fosfin juga diformulasikan dalam bentuk gas cair. Fosfin ini disimpan dalam silinder bertekanan dalam kadar 2% (Hidayat & Halid, 2006).

Beberapa bahan fumigan lain selain fosfin (PH₃), namun relatif jarang digunakan adalah sulfuril florida (F₂SO₃), karbon bisulfida (CS₂), karbon dioksida (CO₂), etil format (C₃H₆O₂), etilen oksida (C₂H₄O), dan hydrogen sianida (HCN). Kelebihan perlakuan dengan fumigasi adalah dapat menggantikan fumigasi yang menggunakan metil bromida, efektif untuk mengendalikan berbagai hama termasuk tikus, dapat menembus tumpukan komoditas untuk mencapai tempat infestasi hama, fosfin tersedia di berbagai tempat, beberapa fumigasi adalah perlakuan yang relatif cepat. Kekurangan fumigasi dengan fosfin adalah diperlukan waktu yang lebih lama dibandingkan fumigasi dengan metil bromida, tidak memberikan perlindungan di komoditas untuk waktu yang lama, sangat beracun bagi hewan dan manusia, serta dapat meninggalkan residu yang tidak diinginkan.

2.1.4. Toksisitas

Kuantitas residu pestisida di tanah atau air umumnya tidak memiliki toksikologi yang berbeda, tetapi kuantitasnya akan bertambah besar jika sampai atau turut mencemari rantai makanan. Terbentuknya residu dipengaruhi oleh beberapa faktor. Di tanamam faktor tersebut meliputi:

- a. Jumlah dan kadar pestisida yang digunakan,
- b. Karakteristik formulasi pestisida,
- c. Cara penggunaan (aplikasi),
- d. Keadaan alamiah tanaman, dan
- e. Jumlah, bentuk dan ukuran tanaman.

Iklim yang meliputi suhu, kelembaban dan intensitas sinar matahari perlu diperhatikan. Proses kimia dan enzimatis seperti oksidasi, hidrolisis, dekarbonasi dan desulfonisasi mempunyai peranan yang penting dalam pembentukan formula residu dan keadaan pestisida.

Berdasarkan atas kuantitas dan kualitas residu pestisida maka toksisitas (racun) pestisida dibedakan atas:

a. Toksisitas Akut

Dalam keadaan ini pestisida yang terserap mengakibatkan dampak yang besar dan dalam waktu yang singkat. Akan tetapi keadaan ini jarang terjadi, seperti konsumsi makanan yang baru saja diberikan perlakuan pestisida.

b. Toksisitas Semi-Kronis

Keadaan pestisida yang terserap berlangsung berulang kali dengan periode yang pasti, sehingga tidak sampai menimbulkan gejala toksik akut.

c. Toksisitas Kronis

Toksisitas terjadi karena penyerapan berulang kali dalam yang kecil sekali untuk periode yang lama. Efek yang ditimbulkan tidak segera terlihat, tetapi umumnya dapat menimbulkan akibat yang tetap (Syarif, Rizal & Halid, 1993) karena akibat efek stokastik dari bahan-bahan yang neo-plastik.

Untuk mengetahui berapa besar kadar residu yang diperkenankan terdapat dalam makanan tercemar, maka dibuat batasan atau ambang toleransi residu seperti MRL, ADI dan LD/LC50. ECFA (*Expert Commission on Food Additive*) menggunakan istilah asupan harian yang diperbolehkan ADI (*Acceptable Daily*

Intake) menyatakan bahwa asupan harian dari suatu zat kimia selama hidup, tampaknya tidak akan memberikan resiko yang berat di waktu tersebut. Akan tetapi FAO (*Food and Agriculture Organization*) dan WHO (*World Health Organization*) secara periodik berdasarkan data ilmiah membuat daftar nilai ADI (yang dinyatakan dalam mg/kg berat badan per hari) untuk sebagian besar pestisida dan makanan tambahan yang memasuki rantai makanan manusia secara ekologi.

Pengertian LD50 adalah kematian sebesar 50% organisme yang diuji, adalah dosis toksikan yang mengakibatkan kematian sebesar 50% dari populasi. LD50 adalah nilai yang digunakan untuk memperkirakan toksikan di mamalia. Di umumnya oral toksikan, diekspresikan dalam mg/kg berat badan. LC50 adalah kadar substantif dalam air atau cairan yang mengakibatkan kematian sebesar 50% dari organisme yang diujikan.

Tabel 1. Toksisitas Akut Mamalia (LD50 mg/kg berat badan) dari Beberapa Insektisida yang Direkomendasikan oleh FAO/WHO

Insektisida	Tikus (Oral)	Burung (Oral)	Dermal
Organoklorin			
- DDT	100	-	2.500
- Lindane	90	30-60	1.000
- Khlordane	450-600	-	700-850
Organofosfat			
- Diklorvos	56-108	32	75-110
- Fenithrion	250-500	35	3.000
- Malathion	1.000-1.400	-	4.100
- Pirimifosmetil	2.050	30-60	2.000
Karbamat			
- Karbaryl	500-850	2.000	4.000
- Dioxcarb	60-80	-	1.950
- Propoxur	90-130	20	300-1.000
Bioresmethrin	7.000	10.000	10.000
Piperynolbutoksida	10.000	-	
Pyrethroid			
- Pyrethrum	580-900	-	2.000
- Cyprmevhrin	250	-	>1.600
- Deltametrin	130-140	-	>2.000
- Permetrin	500-4700	-	>4.000

Sumber: FAO/WHO (1982)

Secara normal manusia dapat berkontak dengan berbagai zat kimia yang berlainan secara bersamaan atau berurutan. Secara kimia pestisida terbuat dari bahan kimia sintesis dan agak sukar larut di alam dan digunakan untuk

membunuh atau mengendalikan serangga. Pemakaian pestisida selama ini dengan kadar minimal untuk tiap jenis.

Tabel .2 Kadar Minimal Pestisida Di Organisme

No	Jenis Organisme	(Kadar ppm)
1	Planton	0,04
2	Udang	0,16
3	Ikan kecil	1,00
4	Ikan dan burung	13,00-26,00

Pestisida dapat dibagi atas beberapa kelompok senyawa kimia, adalah:

1. Kelompok *Chlorinated Hydrocarbon*,
2. Kelompok *Organofosfat*, dan
3. Kelompok karbamat.

Chlorinated Hydrocarbon mempunyai spesifik komponen yang terdiri atas atom hidrogen, karbon dan klorin. Tingkat toksisitas dosis letal oral manusia dibagi menjadi beberapa kelas seperti kelas 3 = 500 - 5.000 mg/kg berat badan per hari, kelas 4 = 50 – 500 mg/Kg berat badan per hari, kelas 5 = 5 - 50 mg/ Kg berat badan per hari, kelas 6 = kecil dari 5 mg/Kg berat badan per hari. Sedangkan angka toksisitas untuk organofosfat disajikan di Tabel 3.

Tabel 3. Angka Toksisitas dan LD50, Kelompok Chlorinated Hydrocarbon

Kelas Kimia	Senyawa	Angka Toksisitas	LD 50 mg/Kg
DDT dan analog	Dikhorodipenil	4	250
	Trikloroetan		
	Metosiklhor	3	550
	Tetraklorodipeniletan	3	550
Benzen Heza Klorida	BHC	4	150
	Lindan	4	125
Siklodiena	Aldrin	5	40
	Dieldrin	5	46
	Endrin	5	12
	Heptaklor	4	90
	Khlordan	4	85
Toxaphen	Toxaphen	4	69

Tabel 4. Angka Toksisitas dan LD 50, Kelompok Organofosfat

Kelas Kimia	Senyawa	Angka Toksisitas	LD 50 mg/Kg
Organofosfat	Malation	4	500
	Paration	6	3
	Metil Paration	5	15
	Anzinfos Metil	5	18
	Diazinon	4	200
	Dimetoat	4	175
	Tri Khlorophon	4	150

Senyawa kimia kelompok karbamat mempunyai spesifik komponen yang terdiri atas karbon, hidrogen dan nitrogen. Tingkat toksisitas dosis letal oral manusia dibagi atas beberapa seperti kelas seperti kelas 4 = 50 - 500 mg/Kg berat badan per hari, kelas 5=5-50 mg/Kg berat badan per hari, kelas 6 lebih kecil dari 5 mg/Kg berat badan per hari. Angka toksisitas untuk groups carbamat disajikan di Tabel 5.

Tabel 5. Angka Toksisitas dan LD 50, Kelompok Karbamat

Kelas Kimia	Senyawa	Angka Toksisitas	LD 50 (mg/Kg)
Karbamat	Aldicarb	6	4
	Amonocarb	5	36
	Karbaril	4	500
	Karbofuran	5	40
	Dimetan	4	400
	Dimetilan	4	350
	Metomil	5	38
	Propoksur	4	400
	Piramat	4	350
	Pirolan	5	30
	Zektran	5	15

Sifat toksik klorinar hidrokarbon di manusia secara kualitatif akan mempengaruhi susunan syaraf, transportasi ion kalsium akan dihambat, terjadi kejang serta cikal bakal tumbuhnya tumor. Zat ini adalah zat kimia yang menetap karena degradasinya cukup lambat dan bioakumilasinya terutama di ekosistem dalam air. Mobilitasnya dalam tanah bergantung di komposisi tanah, adalah adanya bahan organik yang menyokong adsorpsi zat kimia ini. Di tanah berpasir adsorpsinya jelek sekali tidak mudah dilepaskan. Sifat toksik organofosfat pada

manusia adalah mempunyai kemampuan memfosforilasi yang terdapat dalam jaringan syaraf. Polineuropati biasanya dimulai dengan rasa terbakar dan kesemutan terutama di kaki yang diikuti dengan kelemahan gerak yang dapat meluas ke tungkai dan tangan. Senyawa kimia ini diserap oleh kulit ataupun oleh saluran nafas dan saluran cerna, dan biotransformasinya berlangsung cepat. Insektisida ini tidak termasuk pestisida yang menetap. Sifat toksik senyawa karbamat pada manusia hampir sama dengan organofosfat akan tetapi efek kliniknya berlangsung sangat cepat sehingga faktor kematian manusia lebih besar. Insektisida ini termasuk pestisida yang tidak menetap dalam lingkungan.

Pusat penelitian dan pengembangan Departemen Kesehatan tahun 1989 meneliti residu pestisida pada beras yang dijual di Jakarta. Penelitian mencatat Residu Pestisida Nyata (RNK) maksimum yang ditemukan pada beras yang dijual, disajikan pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Membandingkan Residu Pestisida Tertinggi yang Boleh Dikomsumsi (RTBK) dengan Residu Pestisida Nyata yang di Komsumsi (RNK) pada Beras di Jakarta

No	Jenis Pestisida	ADI (WHO) Mg/Kg/hari	RTBK Mg/hari	RNK Residu maksimum yang ditemukan	RNK pada Residu Terkecil yang Terdeteksi mg/hari
1	Aldrin	0,0001	0	0,001	0
2	Azinfos	0,0025	0	0,104	0
3	Carbofenotion	0,005	0	0,104	0
4	DDT	0,005	0,0462	0,007	0
5	Diazinon	0,002	0	0,046	0
6	Dieldrin	0,0001	0	0,003	0
7	Endrin	0,0002	0	0,003	0
8	Fenitrothion	0,005	0	0,010	0
9	Fosfamidon	0,001	0	0,014	0
10	Klorpirifos	0,0015	0	0,014	0
11	Malathion	0,02	0	0,003	0
12	Monokrofoa	0,0003	0	0,009	0
13	Thiodan	0,0075	0	0,016	0
14	Triklorfon	0,0015	0	0,028	0

Sumber: Litbangkes Departemen Kesehatan (1989)

Penelitian dilakukan pada residu pestisida azinfos, carbo fenotion, diazionon, fenitrotion, fosfamidon, klorpirifos, malation, monokrotofos, thirodan dan triklorfon yang digunakan BIMAS, DDT yang digunakan Departemen Kesehatan, serta pestisida golongan organoklorin, adalah aldrin, dieldrin, endrin yang

kemungkinan masih ada di alam sebagai cemaran lingkungan. Penelitian yang dilakukan membandingkan residu pestisida tertinggi yang boleh dikonsumsi (RTBK) dengan residu pestisida nyata yang dikonsumsi (RNK) pada Beras di Jakarta. Penelitian tentang pestisida yang berbahaya juga telah dilakukan. Pestisida tersebut dapat menyebabkan teratogenetik atau penyebab kelahiran cacat pada bayi, kanker dan pestisida saraf yang mematikan.

Tabel 7. Nama-Nama Bahan Aktif Pestisida Berbahaya

No	Nama Pestisida		Akibat
1	Acrolein Bentazone Cyanazine Bromoxynil 2,4-D Dinocap Dinoseb Diquat Nitrofen Picloram 2,4,5-T Benomyl Captafol Folpet Trichlorfon	HCB Mancozeb Maneb Tributyltin oxide Triphenyltin fluoride Triphenyltin acetate Avermectin Chlordimeform Endosulfan Ethion Phosmet Methyl parathion Mirex	Teratogens
2	Arsenic Cadmium Chlordane Chlordimeform DDT Dichlorvos Dieldrin Heptachlor Captafol Captan Chlorothalonil Folpet	HCB Maneb Mancozeb Acetochlor Acifluorfen Alachor Amitrole Oxadiazon DBCP EDB Dichloropropane	Kanker
3	Azinophosmethyl Demeton methyl Dichlorvos/DDVP Disulfoton Ethion Ethyl parathion/Parathion Fenamiphos Fensulfothion Methamidophos Methidathion Methyl parathion	Mevinphos Phorate Sulfotepp Terbufos Aldicarb Carbofuran Fomentanate Methomyl Oxamyl Propoxur	Pestisida syaraf paling berbahaya

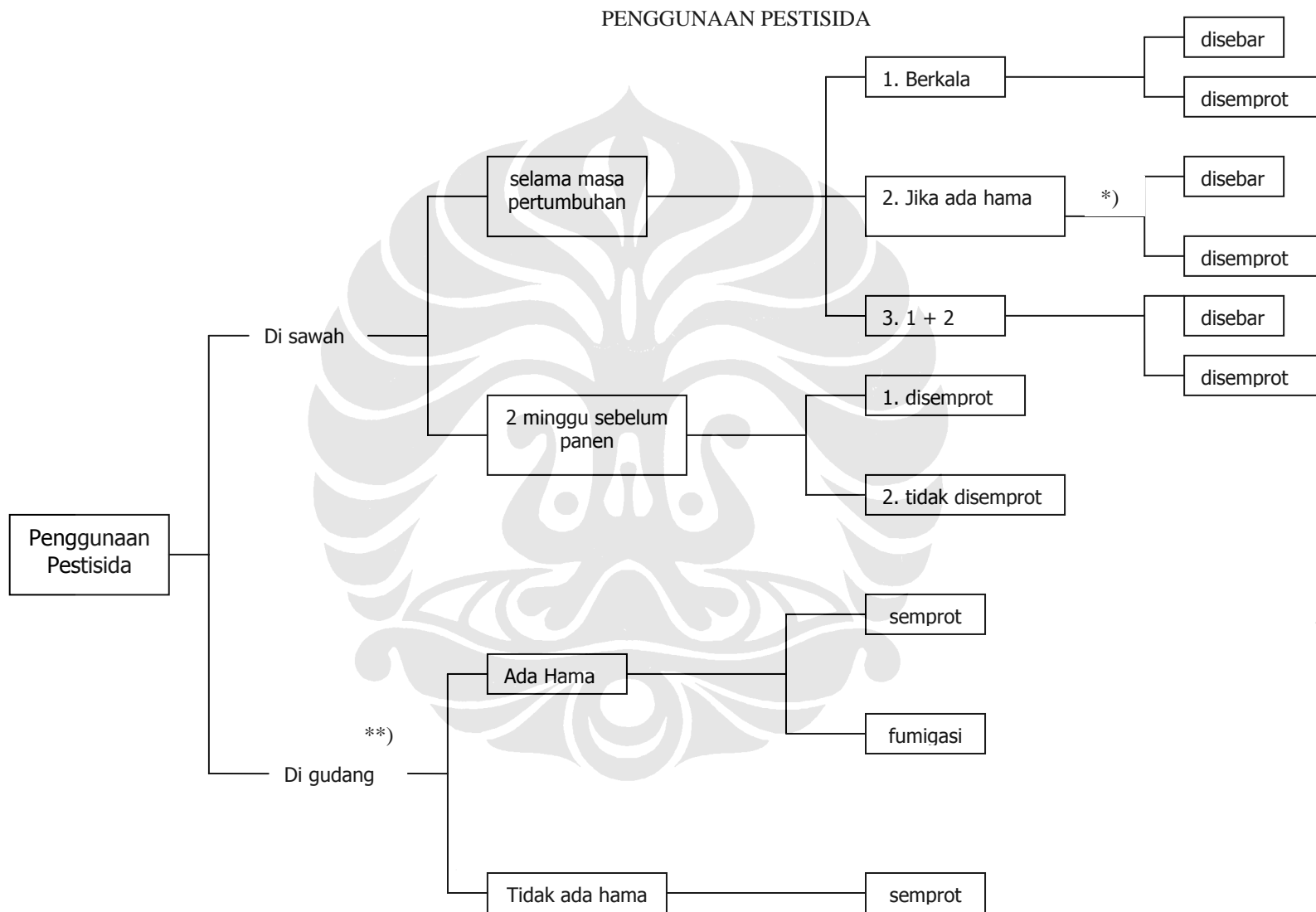
Sumber: FAO/WHO (1982)

Pestisida adalah material yang berbahaya yang masuk ke ekosfer melalui udara, air dan tanah. Didalam ekosfer material tersebut akan dibawa oleh organisme, debu larutan, granula, emulsi dan suspensi tepung. Pestisida dari udara ini dapat langsung meracuni manusia melalui saluran pernafasan, kulit dan saluran cerna. Pestisida meracuni tanaman melalui penempelannya di daun sehingga daun akan terhalang untuk berasimilasi dan kebutuhan berfotosintesis akan berkurang. Jika tanaman ini dimakan oleh manusia tanpa diolah lebih dahulu maka keracunan akan terlihat melalui saluran cerna. Melalui udara pestisida dapat meracuni burung dan air sehingga metabolisme dari burung akan terganggu dan air juga akan terkontaminasi beserta biota airnya. Kontaminasi pestisida di tanah akan membuat binatang di permukaan tanah dan di dalam tanah akan terganggu kehidupannya. Jika pestisida di permukaan tanah mengalami transport oleh air maka pestisida ini akan masuk ke badan air. Baik air, udara, tanah, hewan darat, hewan air, hewan udara diperlukan oleh manusia. Jika komponen ini telah terkontaminasi oleh pestisida di atas nilai ambang batas maka manusia akan keracunan oleh pestisida tersebut. Untuk pestisida yang bersifat neoplastik yang tidak ada ambang batasnya keracunan akan terjadi melalui efek stokastik.

Penggunaan pestisida pada penyimpanan beras yang dilakukan untuk kegiatan sebelum panen dan pasca panen disajikan pada Gambar 2. Penggunaan pra panen di bagi dua adalah selama pertumbuhan tanaman dan 2 minggu sebelum panen. Penggunaan pestisida dapat dengan cara disemprot, disebar dan dapat dengan pengasapan dilakukan secara periodik atau jika terdapat serangan hama atau dapat gabungan keduanya. Penggunaan pestisida di gudang juga dapat secara periodik atau bergantung di tingkat serangan hama. Tempat penyimpanan biasanya selalu disemprot walaupun tidak terdapat serangan hama. Hal tersebut dilakukan untuk tindakan pencegahan. Penggunaan fumigan untuk memberantas hama umumnya dilakukan untuk membunuh hama yang disimpan terutama dalam partai besar. Cara kerja fumigasi adalah dengan menyublim sehingga partikel yang dikeluarkan adalah dalam bentuk gas. Pemberian pestisida digudang dilakukan dengan penyemprotan di dinding gudang dan memberikan residu di permukaan karung.

Pengelolaan di atas masih konvensional dan merugikan lingkungan. Pengelolaan yang berbasis pengelolaan hama gudang terpadu diperlukan untuk pemberantasan hama. Hal tersebut diperlukan karena saat ini konsumen dijejali dengan bahan pangan yang umumnya sudah ditambahi bahan-bahan buatan. Pengurangan residu pestisida pada bahan pangan terutama beras akan meringankan kerugian konsumen terutama kesehatan yang efeknya dapat terjadi dalam jangka waktu lama. Gambar di bawah penggunaan pestisida yang dilakukan di Indonesia baik di gudang atau dilahan pertanian.





Gambar 2. Penggunaan Pestisida

Keterangan:

* Dianjurkan oleh Departemen Pertanian untuk tidak menggunakan pestisida kecuali kalau ada tanda-tanda serangan hama

** Pemberian pestisida di dalam gudang adalah di karung-karung beras dan dinding gudang

Tabel 8. Batas Toleransi Residu Pestisida (ppm) di Beberapa Jenis Sayuran

Jenis Pestisida	Kol	Wortel	Sawi
DDT	7,00	1,00	1,00
Dieldrin	0,11	0,20	0,10
Diazinon	0,70	0,50	0,70
Curacron	1,00	1,00	0,50

Sumber: Kantor Menteri Negara KLH (1992)

2.1.5. Analisis Biaya dan Manfaat

Menurut Suparmoko (2002), dari sudut pandang ilmu ekonomi, kelayakan finansial (analisis biaya dan manfaat) adalah analisis yang digunakan untuk menentukan kelayakan suatu proyek atau kegiatan. Kelayakan finansial dilakukan berdasarkan atas perhitungan laba rugi pemrakarsa kegiatan.

Banyak kegiatan yang menimbulkan manfaat eksternal maupun biaya eksternal yang timbul karena adanya aspek harga yang harus diperhitungkan. Oleh karena itu analisis biaya dan manfaat dapat berkembang menjadi analisis kelayakan yang diperluas dengan memasukkan dimensi biaya dan manfaat lingkungan. Kerusakan lingkungan atau eksternalitas lingkungan timbul jika biaya ataupun manfaat sosial dari suatu kegiatan, aspek lingkungan tidak diperhitungkan dalam biaya dan manfaat kegiatan atau proyek yang bersangkutan.

Benefit Biaya Ratio (B/C), dirumuskan sebagai berikut, Suparmoko (2002)

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}} \dots\dots\dots(1)$$

Nilai B/C ratio dapat diartikan sebagai berikut:

1. Jika B/C ratio > 1, hal ini berarti bahwa total penerimaan yang akan diperoleh selama umur teknis ekonomis proyek lebih besar dari total biaya + total investasi, sehingga pembangunan/ rehabilitasi/ perluasan proyek tersebut layak
2. Jika B/C ratio < 1, hal ini berarti bahwa total penerimaan yang akan diperoleh selama umur teknis ekonomis proyek yang bersangkutan tidak

cukup untuk menutupi total biaya + total investasi selama umur proyek yang bersangkutan, sehingga pembangunan/ rehabilitasi/ perluasan proyek harus dilaksanakan.

3. Jika B/C ratio = 1, hal ini berarti bahwa total penerimaan yang akan diperoleh selama umur teknis ekonomis proyek yang bersangkutan tidak cukup untuk menutupi total biaya + total investasi selama umur proyek tersebut tidak layak. Namun dari aspek sosial dan masyarakat atau aspek lingkungan hidup pembangunan/ rehabilitasi/ perluasan proyek pengelolaan harus dilaksanakan.

Menurut Ismaryanto (1992) Analisis biaya dan manfaat dapat membantu mengatasi masalah yang dijumpai dalam lingkungan hidup karena adanya proyek melalui beberapa tingkatan:

1. Analisis biaya dan manfaat membantu mencegah timbulnya eksternalitas lingkungan negatif dari suatu proyek pembangunan yang dapat menurunkan tingkat kesejahteraan ekonomi dan sosial. Pencegahan ini dapat dilakukan dengan melakukan identifikasi kemungkinan adanya eksternalitas lingkungan proyek dan mengukurnya dalam satuan uang, sehingga dapat dimasukkan ke dalam analisis biaya dan manfaat proyek.
2. Analisis biaya dan manfaat dapat membuat rancangan proyek yang dianggap efisien dan dapat menghindari adanya eksternalitas lingkungan negatif.
3. Analisis membantu merumuskan kebijaksanaan-kebijaksanaan yang dapat menghindari dampak lingkungan proyek yang negatif.

Menurut Ismaryanto (1992) mengukur eksternalitas lingkungan proyek ada tiga asumsi penting yang digunakan adalah:

1. Bahwa individu adalah alat terbaik untuk menentukan atau membari penilaian mengenai mutu atau keadaan lingkungan.
2. Menerima kenyataan adanya distribusi pendapatan dalam masyarakat. Analisis manfaat dan biaya menganggap bahwa masyarakat dapat dan akan memberikan prioritas tinggi untuk kualitas lingkungan yang baik.
3. Individu yang miskin atau yang kaya akan mempunyai penilaian sama tentang keadaan lingkungan.

Masalah hama muncul karena meningkatnya keditan populasi hama melebihi keadaan normal. Hubungan antara populasi hama dan kerugian ekonomi diistilahkan dengan ambang ekonomi (*economic treshold*). Ambang ekonomi adalah kepadatan populasi hama yang membutuhkan suatu tindakan pengendalian, untuk mencegah peningkatan populasi berikutnya yang dapat mencapai aras luka ekonomi. Ambang ekonomi lebih rendah daripada aras luka ekonomi agar memberikan waktu yang cukup guna memulai perlakuan pengendalian yang berhasil sebelum mencapai aras luka ekonomi. Aras luka ekonomi (*economic injury level*) adalah suatu kepadatan populasi hama yang terendah yang dapat mengakibatkan kerusakan ekonomi. Aras ini dapat beragam dari satu daerah ke daerah lainnya, dan dari satu musim ke musim yang lainnya. Aras ekonomi ini juga bergantung pada perubahan skala nilai sosial dan ekonomi masyarakat. (Kasumbogo, 1979).

Nilai ambang batas ekonomi dan aras ekonomi ini dapat dimanfaatkan sebagai acuan penggunaan pestisida. Manfaatnya adalah pengelola tidak bergantung pada pengendalian berbasis kalender. Monitoring yang ketat terhadap populasi serangga mengurangi residu yang terdapat pada beras sehingga beras yang dikonsumsi sehat.

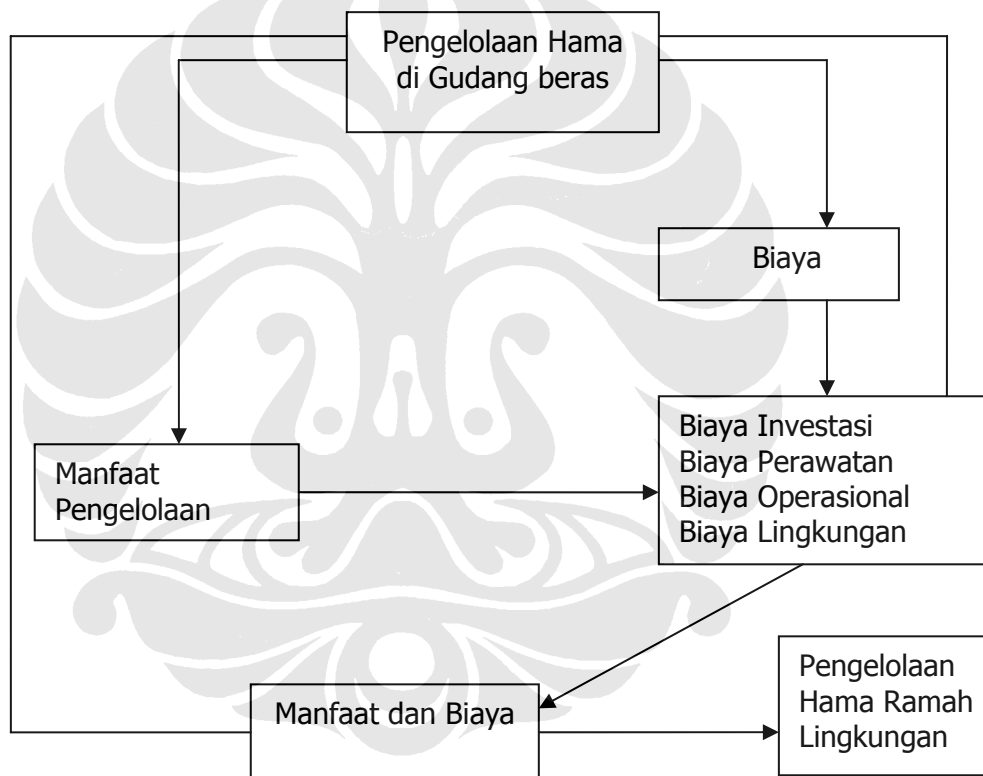
2.2. Kerangka Berpikir

Pengelolaan hama gudang dapat memberikan manfaat pada pengelola. Pengelolaan beras gudang diperlukan agar saat penyaluran kualitasnya terjaga dan bebas dari hama karena beras turun mutu saat masa penyimpanan maka akan menimbulkan kerugian. Beras yang disimpan di gudang dalam jangka waktu tertentu tanpa dilakukan pengelolaan akan berbeda dari kualitas beras yang dilakukan pengelolaannya. Perbedaan ini menimbulkan selisih biaya yang harus ditanggung pengelola sebagai akibat turunnya mutu beras akibat penyimpanan tanpa pengelolaan. Hal ini dapat digunakan sebagai perhitungan kajian biaya biaya dan manfaat. Pengelolaan memerlukan biaya, seperti biaya operasional khususnya biaya perawatan. Penggunaan pestisida akan berkaitan dengan biaya eksternalitas lingkungan. Aplikasi perstisida memerlukan tenaga operator yang otomatis akan bersentuhan dengan pestisida. Maka biaya

eksternalitas lingkungan di penelitian ini dapat menggunakan biaya sakit pekerja dan memperkirakan biaya sakit konsumen.

Pengelolaan hama minim pestisida atau tanpa menggunakan pestisida perlu dikaji dan dapat dijadikan alternatif pengelolaan. Pengelolaan tanpa penggunaan pestisida dapat menjadikan biaya lingkungan sama dengan nol. Namun kajian tentang pengelolaan perlu dikaji lebih jauh terutama dari segi efisiensi dan efektivitas pengelolaan.

2.3. Kerangka Konsep



Gambar 3. Kerangka Konsep

Gambar 3 di atas menjelaskan adanya dua hal yang dikaji dalam pengelolaan hama gudang adalah dari segi manfaat dan ditinjau dari sudut biaya. Manfaat yang timbul akibat kegiatan ini adalah manfaat langsung dan tidak langsung. Sedangkan biaya kegiatan adalah biaya investasi, perawatan, operasional dan lingkungan. Biaya tersebut akan menimbulkan perbandingan total antara manfaat dan biaya.

2.4. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah, dan tujuan penelitian maka hipotesis di penelitian ini adalah:

Jika biaya lingkungan (untuk pekerja) dimasukkan dalam unsur kegiatan maka nilai NPV akan menurun tetapi kegiatan pengelolaan tersebut masih layak dapat dilaksanakan.

