BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Musca domestica*

2.1.1 Taksonomi *Musca domestica*

Kingdom : Animalia

Pillum : Arthropoda

Kelas : Insecta

Ordo : Diptera

Subsection : Calyptratae

Superfamilia : Muscoidea

Familia : Muscidae

Genus : *Musca*

Spesies : *Musca domestica*

Gambar 2.*1 Musca domestica*

(Sumber: http://www.cdc.gov/nceh/publications/books/housing/figure_cha04.htm)

2.1.2 Morfologi *Musca domestica*

Musca domestica merupakan jenis lalat, dengan panjang sekitar 6-7 mm. *Musca domestica* disebut juga lalat rumah, kepalanya berbentuk oval dengan antenna tipe *Cyclopharus* dengan arista yang dilengkapi dengan bulu rambut pada bagian dorsal dan ventral. *Proboscis* (bagian mulut) yang bertipe sponging, dapat ditarik dan ditonjolkan. Thorax bagian dorsal terdapat 4 garis longitudinal berwarna hitam. Terdapat 3 pasang kaki dan masing-masing dilengkapi satu pasang cakar dan puvili dan satu pasang sayap dengan wing venasi, *wing vein* ke 4 membelok ke arah costa mendekati *wing vein* ke 3. Abdomen berwarna abu-abu dengan bercak orange, yang tampak hanya 4 segmen. Pada betina segmen dimodifikasi menjadi bentukan seperti tabung yang dapat ditonjolkan keluar pada waktu bertelur (Laboratorium Parasitologi FKUB, 2011).

Musca domestica mengalami metamorfosis sempurna dengan tahapan telur, larva, pupa dan lalat dewasa. Lalat menghadapi cuaca dingin dalam fase larva atau pupa pada tempat-tempat terlindung. Kondisi suhu yang hangat merupakan kondisi yang optimum untuk perkembangan lalat. Dalam suhu yang optimum, lalat dapat menyelesaikan siklus hidupnya dalam waktu 7-10 hari (Laboratorium Parasitologi FKUB, 2011).

Musca domestica memiliki telur berwarna putih dengan panjang sekitar 1.2 mm, diletakkan satu persatu lalu menghasilkan tumpukan. Lalat betina dapat bertelur hingga total 500 telur dibagi dalam beberapa periode terpisah dengan interval 3-4 hari. Jumlah telur yang dihasilkan tergantung pada ukuran lalat betina yang ditentukan oleh nutrisi yang didapat (Sanchez-Arroyo, 2011).

Larva *Musca domestica* memiliki panjang 3-9 mm, berwarna putih krem berbentuk silindris meruncing ke arah kepala. Kepala memiliki sepasang kait berwarna gelap. Spirakel posterior sedikit terangkat dan pembukaan spirakel berliku dan dikelilingi garis kehitaman. Larva muncul dari telur dalam 8 hingga 20 jam pada suhu yang hangat dan langsung berkembang dan makan pada tempat dimana telur diletakkan. Larva yang telah berkembang memiliki warna putih krem dengan panjang 8-12 mm. Larva melalui 3 tahap instar. Ketika larva berkembang sempurna, larva akan bergerak dalam jarak hingga 50 kaki menuju tempat kering dengan suhu lebih rendah didekat tempat pembiakan dan berubah menjadi pupa. Kelembaban yang tinggi juga mempengaruhi perkembangan larva menjadi lalat dewasa (Sanchez-Arroyo, 2011).

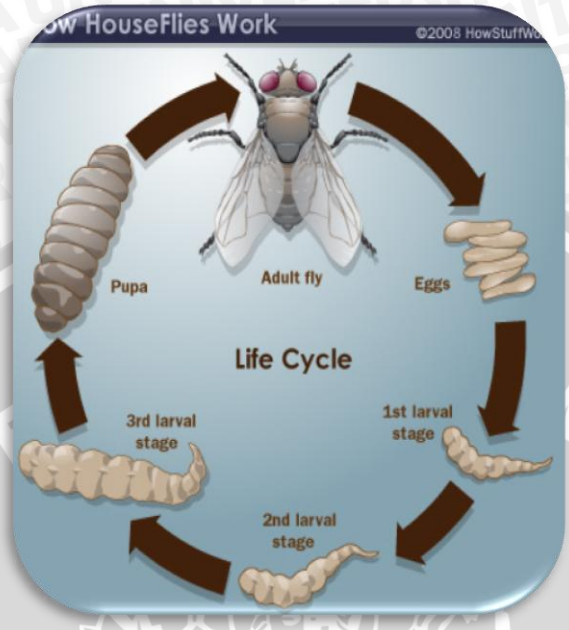
Pupa berwarna coklat gelap dengan panjang 8 mm. Tahap pupa ditentukan pada warna pupa yang bervariasi dari kuning, merah, coklat hingga hitam sesuai dengan bertambahnya usia pupa. Lalat dewasa keluar dari kantong pupa melalui penonjolan yang disebut ptilinum pada bagian depan kepala (Sanchez-Arroyo, 2011).

Lalat dewasa berukuran 6 hingga 7 mm, dengan ukuran lalat betina lebih besar dari lalat jantan. Lalat dewasa memiliki mata yang kemerahan dan bagian mulut berspons. Bagian thorax memiliki empat garis. Abdomen berwarna keabuan atau kekuningan. Bagian bawah abdomen lalat jantan berwarna kekuningan. Cara membedakan lalat jantan dan betina umumnya dengan melihat jarak dari kedua mata. Pada lalat betina, jarak antar mata adalah dua kali jarak antar mata lalat jantan (Laboratorium Parasitologi FKUB, 2011).

Lalat dewasa mampu hidup hingga 15-25 hari. Potensi kapasitas reproduksi lalat sangat besar, namun tidak semua dapat terealisasi. Lalat dewasa menghisap cairan yang mengandung rasa manis ataupun cairan dari substansi yang membusuk. Larva memperoleh makanan dari bahan organik yang lembab. Meskipun lalat tertarik pada berbagai jenis bahan makanan, lalat yang memiliki mulut berbentuk penghisap hanya mampu memakan bahan makanan dalam bentuk cairan. Bahan makanan padat akan dicairkan melalui saliva yang dimuntahkan (Sanchez-Arroyo, 2011).

2.1.3 Siklus Hidup *Musca domestica*

Lalat merupakan salah satu ordo Diptera yang mempunyai kedekatan dengan pemukiman manusia maupun di peternakan. Populasi lalat di alam sangat tinggi, hal ini dipengaruhi oleh morfologi tubuh lalat yang berukuran kecil, kemampuan terbang yang jauh, serta siklus hidup yang pendek, termasuk hewan omnivorous (pemakan segala). Disamping itu, serangga ini juga mempunyai daya reproduksi yang cukup tinggi dan merupakan *multivoltine* (beberapa generasi dalam satu tahun) (Borro et al, 1996; Astuti et al, 2010). *Musca domestica* merupakan jenis serangga sinatropik yang memiliki kepentingan medis dan pada kedokteran hewan. Lalat ini terdistribusi di seluruh dunia khususnya pada daerah beriklim sedang dan tropis, bereproduksi sepanjang tahun, dan menghasilkan keturunan dalam jumlah yang besar (Marquez dan Krafsur, 2003; Taskin et al, 2010).



Gambar 2.2. Siklus Hidup Lalat *Musca domestica*

Musca domestica memiliki tipe siklus hidup metamorfosis holo-metabolous. Telur berbentuk pisang berukuran 0,8-1,00 mm dilengkapi dengan 2 buah *dorsal ridge*, tempat keluarnya larva. Setelah 6-12 jam telur menetas menjadi larva stadium 1. Sehari kemudian menjadi larva stadium 2, satu minggu menjadi larva stadium 3. Larva stadium 3 yang hampir menjadi pupa akan berhenti makan, bergerak dari tempat perindukannya mencari tempat yang kering kemudian menjadi pupa, 4-5 hari kemudian menjadi lalat dewasa (Laboratorium Parasitologi FKUB, 2011).

Lalat jantan tertarik terhadap feromon yang diproduksi lalat betina yaitu *muscalure (z)-9-tricosene*. Umumnya, lalat betina kawin satu kali. Setiap lalat betina dapat memproduksi telur hingga 6 kali, masing-masingnya terdiri dari 75-200 telur dengan interval 3 hingga 4 hari, sambil menempatkan telur pada tempat

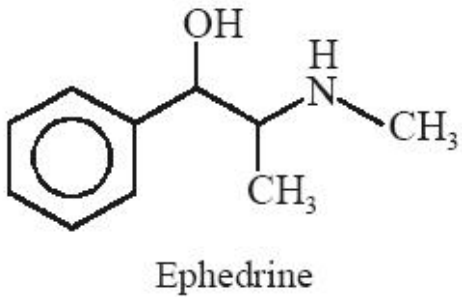
perkembangbiakan yang sesuai. Telur menetas menjadi larva dalam 12-24 jam dan menyelesaikan perkembangannya menjadi lalat dewasa dalam waktu 7-10 hari. Suhu yang lebih dingin, media kering maupun kurangnya sumber makanan dapat memperpanjang tahap perkembangan menjadi dua minggu atau lebih. Larva melewati tiga tahapan pertumbuhan atau instar bersamaan dengan bertambahnya ukuran larva. Larva matur berukuran sekitar 3/8 inchi, kemudian membentuk selubung gelap dan keras yang disebut pupa. Tahapan pupa berlangsung hingga 3-4 hari pada suhu yang hangat dan bisa berlangsung beberapa minggu hingga bulan pada suhu yang lebih rendah. Tahapan pupa kemudian dilanjutkan ke tahapan lalat dewasa sebagai akhir siklus. Lalat dewasa rata-rata hidup 2-4 minggu pada suhu hangat dan hidup lebih lama pada suhu yang lebih dingin. Aktivitas lalat dewasa paling optimal di siang hari saat suhu mencapai 80-90°F, dan menjadi kurang aktif pada malam hari saat suhu mencapai kurang dari 45-50°F. Lalat yang sedang tidak aktif sering dijumpai pada langit-langit maupun dinding bangunan dan permukaan lainnya. Mata lalat dewasa terpisah, baik pada lalat jantan maupun lalat betina, namun, pemisahan lebih terlihat jelas pada lalat jantan (Stafford, 2008).

Habitat *Musca domestica* pada umumnya terdapat di sekitar rumah, peternakan, kandang hewan, tempat pembuangan sampah, dan lain-lain, terutama pada tumbuhan dan hewan yang telah membusuk. Lalat dewasa tidak aktif di malam hari. Lalat dewasa memakan makanan yang segar maupun yang telah membusuk ataupun sampah. Larva memakan bahan dimana telur diletakkan yaitu di kompos, tanaman yang telah membusuk, sampah, serta jaringan hewan yang telah mati (McLeod, 2005).

2.1.4 Kepentingan Medis

Musca domestica merupakan vector dari *helminthes*, bakteri, *protozoa* dan virus, yang dapat menyebabkan penyakit *enteric* seperti disentri dan demam thyphoid (Service, 2012). Selain itu, untuk kepentingan forensik, siklus hidup *Musca domestica* menjadi penting dalam menentukan *Post Mortem Interval* (waktu kematian) pada jenazah (Larrain, et al., 2008; Arong, et al, 2011).

2.2 Ephedrine



Gambar 2.2 Struktur Molekular Ephedrine

Ephedrine *(α—[1-(methylamino)ethyl]benzene-methanol)* merupakan obat dekongestan dan vasopressor yang menstimulasi reseptor *α* dan reseptor *β*. Pada mulanya Ephedrine adalah senyawa alkaloid yang berasal dari tumbuhan *gymnospermae* bergenus *Ephedra* yang tumbuh di daerah subtropis di Eropa, Asia dan Amerika.

Ephedrine secara kimiawi dan struktural berhubungan dengan amphetamine dan methamphetamine. Farmakodinamik Ephedrine sama seperti amphetamine namun memiliki efek sentral yang lebih lemah dan sering disalahgunakan untuk meningkatkan performa atlet, menurunkan berat badan, dan memicu kontraksi uterin

Ephedrine, seperti kebanyakan obat yang disalahgunakan memiliki efek stimulan dan halusionogen (McMahon dan Cunningan, 2003; Liles *et al*, 2006). Dalam beberapa laporan penyalahgunaan, didapatkan efek euphoria yang secara kualitatif serupa dengan efek yang dihasilkan oleh simpatomimetik lain misalnya methamphetamine. Meskipun FDA (*Food and Drug Administration*) telah melarang peredaran supplemen yang mengandung ephedrine, preparat ephedrine masih dapat ditemukan karena kebutuhan yang tinggi terhadapnya. (Ashar et al, 2003; *Food And Drug Administration* HSS, 2004; Liles *et al*, 2005).

Ephedrine terdapat dalam sediaan bentuk kapsul dengan dosis 25 mg. Untuk injeksi dalam bentuk ampul 50 mg/ml (Katzung, 2008). Dalam klinis, Ephedrine dapat digunakan sebagai:

- Dekongestan, dapat diberikan per oral maupun per inhalasi
- Mencegah Eneuresis, karena memiliki efek peningkatan tonus spinchter vesica urinaria
- Midriatika untuk pemeriksaan mata
- Asma bronchial

(Staff Pengajar Departemen Farmakologi Universitas Sriwijaya, 2009)

Efek samping Ephedrine diantaranya tremor, insomnia yang diakibatkan oleh stimulasi sistem saraf pusat, ansietas, takikardi dan hipertensi karena stimulasi reseptor *β1*, retensi urin yang disebabkan oleh stimulasi otot spincter vesica urinaria, stroke, miokard infark (Brenner dan Stevens, 2010). Ephedrine dikontraindikasikan pada pasien dengan riwayat penyakit kardiovaskular, hipertensi, hipertiroidisme, kejang, depresi, gangguan kondisi mental, emosional dan *behavioral* lainnya,

glaukoma, dan kesulitan urinasi pada *Benign Prostate Hiperplasia*. (Coates *et al*, 2005).

2.2.1 Farmakokinetik

Ephedrine diabsorpsi baik lewat oral, di eksresikan dalam bentuk aktif di urin, dan memiliki waktu paruh 2-3 jam. Konsentrasi puncak plasma terjadi 2,5-3 jam setelah administrasi, memiliki volume distrubusi 2.5-3 L/Kg . Ephedrine kebanyakan tidak dimetabolisme dan eksresi lebih cepat pada anak sehingga memerlukan dosis yang lebih besar untuk mencapai indeks terapi. Penggunaan Ephedrine pada pasien gangguan ginjal dapat menyebabkan toksisitas akibat akumulasi isomer ephedrine (Karch, 2009). Obat ini sering disalahgunakan sebagai bahan dasar dari pembuatan *stimulant* Methamphetamin. Methamphetamin dapat disintesis dengan prosedur sederhana melalui reduksi kimia ephedrine atau pseudoephedrine (Lee, 2011).

2.2.2 Aksi dan Mekanisme Ephedrine

Ephedrine merupakan agen simpatomimetik yang aksinya meningkatkan pelepasan norepinephrine dari neuron simpatik dan dengan menstimulasi reseptor *alpha* dan *beta* adrenergik. Stimulasi reseptor *α* pada otot polos pembuluh darah memicu vasokonstriksi. Stimulasi reseptor *β1*, terbanyak ditemukan pada otot jantung dapat memicu peningkatan denyut jantung dan kontraksi miokardial. Stimulasi reseptor *β2* pada otot polos bronchial menyebabkan bronkodilatasi dan vasodilatasi pada otot skelet (Bohn et al, 2003). Ephedrine menimbulkan efek bronkodilatasi yang lebih lemah dan berlangsung lebih lama dari ephinephrine

sehingga dapat digunakan untuk terapi asma bronkhial, pada uterus dapat mengurangi aktivitas uterus sehingga dapat digunakan untuk terapi dismennorhea, penetesan lokal pada mata dapat menimbulkan midriasis.

Efek kombinasi dari adrenergik dan dopaminergik dalam jangka pendek akan memberikan efek peningkatan *mood,* meningkatkan kewaspadaan *(alertness)* yang membuat penggunanya tidak mudah lelah dan menurunkan keinginan tidur. Dalam jangka panjang, pelepasan norephinephrine dapat memicu ansietas, *restlessness,* dan munculnya insomnia. Penggunaan jangka panjang dapat menyebabkan neurotoksisitas (Maglione et al, 2005).

2.2.3 Toksisitas

Efek toksik dapat terjadi akibat overdosis, interaksi obat (misalnya dengan *serotonin reuptake inhibitor*), ataupun penyakit yang meningkatkan sensitivitas reseptor agen simpatomimetik. Efek toksik diantaranya mengakibatkan stroke, infark miokard, kejang, insomnia, nausea, dan muntah (Karch, 2007). penyalahgunaan efedrin dalam waktu lama dapat menyebabkan timbulnya gejala skizoprenia paranoid. Pasien akan menunjukkan gejala takikardia, demam, keringat dingin dan dilatasi pupil. Beberapa tanda-tanda toleransi meningkat tapi adiksi tidak timbul (Departemen Kesehatan RI, 2007).

Efek penggunaan Ephedrine yang berlebih diantaranya hipertensi dan insomnia. *Tachiphilaksis* dapat terjadi pada penggunaan jangka panjang. Dosis normal maupun dosis yang lebih tinggi dapat mengakibatan efek samping kardiovaskular pada pasien dengan penyakit kardiovaskular. (Goodman dan Gilman,

2008). Dosis maksimal penggunaan Ephedrine yang diperbolehkan adalah maksimal 150 mg per hari, sedangkan *Median Lethal Dose* pada hewan coba (*Rat*) adalah 600 mg/KgBB (MG Soni et al, 2004).

2.3 Definisi Kematian

Kematian memiliki beberapa definisi. Kematian menurut peraturan pemerintah no. 18 / 1981 pasal 1 ayat 9 merupakan berhentinya fungsi jantung, pernapasan, atau fungsi otak yang diyakini oleh ahli kedokteran berwenang. Sedangkan menurut IDI no: 231/PB/A.4/07/1990 butir 4, kematian ialah berhentinya fungsi spontan pernapasan dan jantung yang irreversibel dan ditambah adanya pembuktian kematian batang otak. Salah satu cabang ilmu kedokteran yang membantu mengungkap kasus kematian tidak wajar adalah entomologi forensik.

2.4 *Post Mortem Interval* (PMI)

Post Mortem Interval (PMI) didefinisikan sebagai lamanya waktu antara kematian dan penemuan mayat. Pada onset kematian, parameter ini berguna untuk menetapkan penyebab, cara, dan waktu terjadinya kematian. Seiring dengan berjalannya waktu dan dekomposisi jaringan lunak, penentuan PMI oleh ahli patologi atau pemeriksa medis menjadi lebih sulit dan kurang akurat (Anderson dan VanLaerhoven, 1996; Rahman, 2010).

Post mortem interval merupakan bagian penting dari informasi yang digunakan oleh ahli forensik atau penyelidik kriminal untuk mengidentifikasi kejahatan atau kematian tidak wajar. Perkiraan waktu kematian menyediakan data

waktu untuk membantu penegakan hukum dalam memberikan titik acuan identifikasi korban kejahatan, alibi tersangka dan memecahkan kasus. Tingkat dekomposisi dipengaruhi oleh berbagai faktor (Love and Marks, 2003).

Metode memperkirakan *Post Mortem Interval* diantaranya adalah dengan mengukur perubahan proses *post mortem* yang berlangsung pada laju tertentu yang diketahui saat penyelidikan, misalnya jumlah dan distribusi *rigor mortis*, perubahan suhu pada mayat, dan tingkat pembusukan pada mayat. Selain itu PMI dapat ditentukan dengan membandingkan terjadinya peristiwa saat kematian, misalnya makanan yang terakhir dikonsumsi sebelum tewas (Pounder, 1995).

Perkiraan PMI didasarkan pada gabungan faktor-faktor taponomi. Taponomi mengacu pada semua proses alami mayat setelah terjadinya kematian. Tahap dekomposisi morfologis dan pola kolonisasi artropoda merupakan faktor taponomi paling umum yang digunakan untuk menentukan PMI (Allaire, 2002). Bukti entomologi secara luas digunakan untuk memperkirakan PMI. Lalat biasanya berkolonisasi pada jam-jam awal kematian. Lalat meletakkan telurnya pada mayat, telur kemudian menetas dan mengalami perubahan perkembangan. Melalui informasi ini, penyelidik dapat menggunakan data suhu, tahap perkembangan larva, dan ukuran larva untuk dapat memperkirakan PMI minimum

Beberapa faktor dapat mempengaruhi PMI, diantaranya adalah kematian karena obat-obatan tertentu. Bahan-bahan kimia yang dapat mempercepat atau memperlambat pertumbuhan larva lalat antara lain *Triazolam, Oxazepam, Alimemazine, Chloripriamine, Phenobarbital, Malathion, Mercury, Amitriptyline,*

Nortriptyline, Cocaine, Phenycyclidine, Heroin, serta Morfin (Rahman, 2010).Pengetahuan tentang efek obat tertentu pada laju pertumbuhan serangga dapat memperbaiki perkiraan *Post Mortem Interval*.

2.5 Perubahan *Post Mortem* pada Jenazah

Diagnosis kematian didasarkan pada temuan tanda-tanda kematian yaitu: Hilangnya fungsi pernapasan yang *irreversible*; hilangnya fungsi otak yang *irreversible*; hilangnya fungsi kardiovaskular yang *irreversible*; *Algor mortis*; *Livor mortis*; *Rigor mortis*; *cadaveric spasm*; hilangnya kontraksi otot; dan pembusukan (Machado,2009).

2.5.1. *Algor Mortis*

Algor mortis merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan proses pendinginan *post mortem* pada jasad. Pada banyak kasus, setelah terjadi kematian suhu tubuh mulai turun dan akan terus turun sampai suhu internal jasad sama dengan suhu lingkungan. Laju penurunan suhu pada permukaan tubuh lebih cepat dibandingkan dengan penurunan suhu pada organ dalam. Terdapat sejumlah faktor yang mempengaruhi laju pendinginan tubuh diantaranya adalah suhu tubuh saat kematian, hubungan antara luas permukaan tubuh dan berat badan, pakaian dan suhu lingkungan (Cox, 2009).

2.5.2 *Livor Mortis*

Livor Mortis (Lebam Mayat) merupakan proses fisik. Saat individu masih hidup, jantung berfungsi dan mensirkulasikan darah. Ketika kematian terjadi,

sirkulasi darah terhenti dan darah mulai terakumulasi pada bagian terendah tubuh karena proses gravitasi. Hal ini mengakibatkan perubahan warna pada bagian-bagian tubuh mengikuti arah gravitasi. Meskipun segera dimulai, tanda-tanda awal livor mortis dimulai pada 1 jam pertama dengan proses lengkap terjadi pada 3-4 jam setelah kematian. Pada saat tersebut, darah masih berupa cairan dan menekan kulit yang membuat darah menetap pada area tertentu. Proses ini berlanjut hingga 9-12 jam (Goff, 2010).

2.5.3 *Rigor Mortis*

Rigor Mortis (Kaku Mayat) Merupakan perubahan kimia yang menghasilkan kekakuan otot tubuh setelah kematian karena perubahan *myofibril* pada jaringan otot. Setelah kematian, tubuh menjadi lemas dan mudah ditekuk. Saat ATP diubah menjadi ADP dan asam laktat diproduksi dan menurunkan pH seluler, terhentinya aktivitas jembatan kimia antara aktin dan myosin mengakibatkan kekakuan pada mayat. Biasanya kekakuan pertama kali diamati pada 2-6 jam pertama setelah kematian dan terus berkembang hingga 12 jam setelah kematian (Goff, 2010)..

Umumnya kekakuan dimulai pada otot-otot wajah dan menyebar ke seluruh otot tubuh pada 4 hingga 6 jam. Kekakuan biasanya berlangsung 24-48, setelah itu otot kembali melemas. Onset dan durasi *rigor mortis* ditentukan oleh dua faktor yaitu suhu dan tahapan metabolism tubuh. Suhu lingkungan yang lebih rendah cenderung mempercepat terjadinya kekakuan dan memperpanjang durasinya dan sebaliknya pada suhu yang lebih tinggi kekakuan terjadi lebih lambat dengan durasi yang lebih cepat. Jika sebelum kematian, individu tersebut melakukan aktivitas yang berat atau

melakukan perlawanan, kekakuan terjadi lebih cepat. Massa tubuh juga mempengaruhi onset dan durasi dari rigor mortis. Saat kekakuan menghilang pada jasad, otot-otot wajah relaksasi terlebih dahulu mengikuti pola yang sama pada awal terjadinya *Rigor mortis* (Goff, 2010).

2.6. Tahapan Dekomposisi

Terdapat lima tahapan dekomposisi yaitu *Fresh* (Segar), *Bloated* (Pembengkakan), Decay (Pembusukan), Post Decay (Pasca Pembusukan) dan Skeletal

2.6.1 Tahap *Fresh*

Dimulai dari awal kematian terjadi sampai proses pembengkakan pada tubuh terlihat jelas. Tahapan ini memiliki kekhasan, yaitu perubahan dekomposisional yang jelas pada jasad, terlihat warna kehijauan pada abdomen, *livor* (lebam), dan *tache noir de la sclerotique* (bintik kehitaman pada sklera mata). Invasi serangga pada tubuh dimulai pada lubang tubuh alami dimulai dari yang terdapat pada bagian kepala dan wajah seperti mata, hidung, mulut dan telinga, Anus dan alat kelamin, dan luka yang terdapat pada jasad. Lalat yang tiba akan memulai pencarian tempat potensial untuk *oviposition* dan *larvaposition* (penempatan telur dan larva) pada jasad. Lalat sering masuk lebih dalam pada lubang alami tubuh dan mendepositkan telur. Luka yang terdapat pada jasad lebih menarik perhatian lalat untuk berkolonisasi jika luka tersebut terjadi sebelum kematian, ketika darah masih mengalir dibandingkan dengan luka yang ditimbulkan setelah kematian dengan aliran darah yang berkurang (Goff, 2010). Pada musim semi dengan suhu yang

hangat tahap ini bisa berlangsung selama 1 hari pada jasad yang terpapar sinar matahari, sedangkan jika jasad tidak terpapar langsung, tahap ini dapat memanjang hingga 2 hari (Sharanowski et al, 2008).

2.6.2 Tahap *Bloated*

Tahapan ini diawali dengan proses akumulasi gas yang pelan pada abdomen. Pada hari berikutnya proses ini menyebar pada tungkai dan lengan, anus, dan kepala. Akhir dari fase *Bloated* adalah deflasi karena serangga mulai menusuk permukaan kulit. Periode deflasi berlangsung beberapa hari umumnya dimulai pada bagian kepala, kemudian ekstremitas dan bagian tubuh posterior dan terakhir pada abdomen. Deflasi paling nyata terjadi pada daerah dengan aktivitas larva terbesar. Daerah tersebut termasuk lubang-lubang alami seperti mata, telinga, hidung, mulut, anus dan daerah yang terdapat luka. Penanda khas untuk akhir tahap *Bloated* adalah liquifikasi. Tanah di sekitar jasad akan menjadi basah saat tekanan gas memaksa cairan di dalam tubuh untuk keluar melalui lubang alami bersamaan dengan keluarnya larva pada lubang tersebut (Sharanowski et al, 2008).

2.6.3 Tahap *Decay* (Pembusukan)

Ditandai dengan bau yang kuat karena proses dekomposisi. Proses paling dominan pada tahap ini adalah adanya massa besar dari larva diptera yang memakan jasad. Larva bisa terdapat pada internal maupun ekternal jasad dan sering tumpah pada tanah di dekat jasad. Muncul juga golongan predator sepeti *Staphylinidae* dan *Histeridae*. Golongan nekrofagus meningkat jumlahnya. Pada

tahap akhir, golongan dipteral (lalat) menyelesaikan tahap akhir perkembangan dan meninggalkan sisa-sisa kulit dan tulang dari jasad (Goff, 2010).

2.6.4 Tahap *Post Decay* (Pasca Pembusukan)

Karakteristik dari tahap *post decay* adalah yang tersisa dari jasad terdiri dari rambut, tulang, kulit dan produk sampingan dari dekomposisi jaringan lunak dan mulai terlihatnya tulang (Matuszewski et al, 2008). Terjadi penurunan bau dan migrasi larva prepupal dari bangkai (Sharanowski et al, 2008). Terjadi peningkatan jumlah dan keragaman predator dan parasit (Goff, 2010).

2.6.5 Tahap Skeletal

Tahap ini dicapai jika hanya tersisa tulang dan rambut dari jasad. Umumnya sudah tidak terdapat lagi hewan yang berkoloni. Pada tahap skeletal awal, masih terdapat golongan tungau dan *Collembola*, yang dapat digunakan untuk mengestimasi waktu kematian. Selama waktu berjalan, pH tanah sekitar jasad mulai kembali pada pH awal dan terjadi pengembalian secara bertahap komponen fauna normal pada tanah. Tidak ada titik akhir pasti dari akhir tahap ini. Mungkin ada perbedaan bertahap dari fauna tanah di sekitar sisa tulang jasad yang masih bisa terdeteksi selama berbulan-bulan bahkan bertahun tahun yang mengindikasikan bahwa terdapat jasad disana dalam kurun waktu tertentu (Goff, 2010).

2.7 Entomologi Forensik

Entomologi Forensik, atau Entomologi mediokolegal didefinisikan sebagai "Studi tentang serangga yang terkait dengan bangkai dengan tujuan untuk menentukan waktu kematian" (Anderson dan VanLaerhoven, 1996; Rahman, 2010). Setelah 72 jam, entomologi forensik merupakan metode paling akurat untuk menentukan waktu kematian. Serangga sering menjadi yang pertama tiba pada jasad, karena tertarik dengan proses dekomposisi yang terjadi pada jasad (Parsons, 2003). Serangga dan Arthropoda merupakan organism utama yang terlibat dalam dekomposisi utama pada jasad. Hewan-hewan tersebut tiba pada jasad tidak lama setelah terjadi kematian, sering kali dalam kurun waktu kurang dari 10 menit, dan dengan cepat memulai aktivitasnya dan berkembang biak (Goff,2010).

Setiap wilayah geografis memiliki jenis serangga dan iklim yang berbeda. Terdapat korelasi langsung antara laju dekomposisi, suksesi, dengan spesies serangga. Suksesi mengacu pada proses perubahan keberagaman komunitas serangga dalam kurun waktu tertentu (Reece, 2010). Suhu yang lebih tinggi akan menghasilkan peningkatan jumlah dan jenis serangga. Sedangkan suhu yang lebih rendah akan mengurangi jumlah maupun jenis serangga. Proses pembusukan menjadi lebih cepat pada suhu hangat dan meningkatkan aktivitas serangga, sebaliknya, pada suhu yang lebih dingin, proses pembusukan terjadi lebih lambat dan menurunkan aktivitas serangga (Parsons, 2003).

Diptera diobservasi sebagai serangga yang pertama kali hinggap pada bangkai. Pada suhu yang hangat, diptera akan hinggap pada jasad dalam hitungan menit. Bagian tubuh yang dikolonisasi pertama kali oleh serangga meliputi mata, rongga hidung, anus, vagina, dan area yang terkena trauma (Sledik, 1998; Parsons,

2003). Menurut Smith (1986), terdapat empat kategori ekologis yang dapat diidentifikasi pada bangkai, yaitu:

1. Spesies nekrofagus, yang memakan bangkai
2. Predator dan parasit spesies nekrofagus, yang mendapat makanan dari artropoda dan serangga lain. Pada kelompok ini juga terdapat spesies schizophagus, yang pada awalnya memakan bangkai namun pada tahap larva menjadi predator.
3. Spesies omnivora seperti tawon, semut, dan beberapa jenis kumbang yang mendapat makanan baik dari bangkai maupun dari hewan yang mengkoloninya.
4. Spesies lain, seperti laba-laba, yang menggunakan bangkai sebagai perluasan wilayah mereka.

Untuk keperluan entomologi forensik, dua kelompok pertama, nekrofagus dan predator, yang utamanya berasal dari kelompok *diptera* (lalat) dan *coleopteran* (kumbang) merupakan yang paling penting. Suksesi dari bangkai dapat dibagi menjadi beberapa tahapan yang berbeda tergantung tahap pembusukan. Selain itu, karena daya tarik dari pembusukan bangkai berbeda tergantung jenis serangga dan perubahan waktu, Jenis kolonisasi serangga akan berubah dalam urutan yang dapat diprediksi (Ament, 2004).

Lalat meletakkan telurnya pada mayat, telur kemudian menetas menjadi larva, yang tumbuh dan mendapat nutrisi dari sisa-sisa mayat. Saat larva meningkat ukurannya, kutikula akan terlepas, hal ini berlangsung dua kali. Terdapat tiga

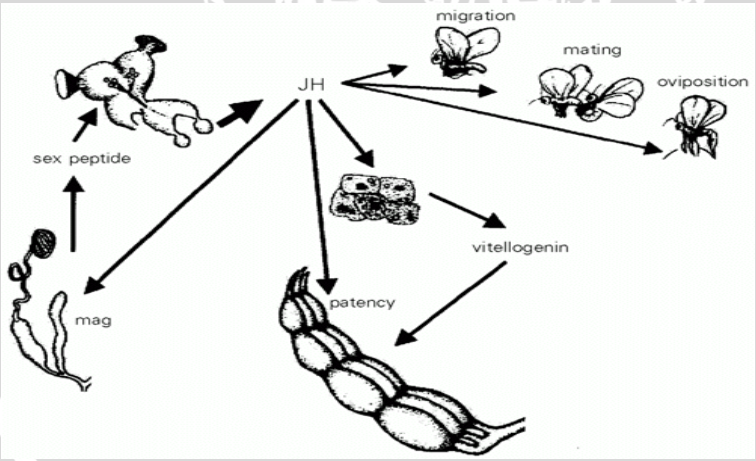
tahapan (instar) pada larva, dua instar pertama dikhususkan untuk makan dan tumbuh, sedangkan instar ketiga, larva makan pada satu waktu tertentu kemudian sinyal hormonal memulai penghentian makan dan memulai metamorfosis. Setelah beberapa hari, larva membentuk pupa dan akhirnya menjadi lalat dewasa (Pounder, 1995).

2.8 Pengaruh Hormon dalam Metamorfosis lalat

Hormon adalah molekul yang berfungsi sebagai sinyal kimia dalam tubuh. Berbagai sistem hormon memainkan peranan penting dalam mengatur hampir semua fungsi tubuh pada makhluk hidup yang mencakup metabolism, tumbuh kembang, keseimbangan air dan elektrolit, reproduksi dan perilaku. (Guyton dan Hall, 2008). Hormon perkembangan utama pada serangga adalah golongan hormon steroid terhidroksilasi, yaitu hormon *ecdysone* dan golongan hormone *sesquiterpene* yaitu hormon *Juvenile*. Secara umum, hormone *ecdysone* merupakan hormon yang berperan pada proses *molting* (pergantian kulit), sedangkan hormon *juvenile* mempertahankan bentuk serangga seperti bentuknya sekarang saat serangga menghadapi lonjakan hormone *ecdysone* (Truman dan Riddiford, 2002).

Hormon *juvenile* memiliki fungsi pleotropik diantaranya mengatur metamorfosis bersama hormon *ecdysone*, mengatur fertilitas serangga betina dengan menstimulasi sintesis *vitellogenin* didalam tubuh dan diserap oleh oosit yang sedang berkembang dan memicu polimorfisme pada serangga sosial (Hartfelder, 2000). Pada serangga imatur, hormone *ecdysone* umumnya diproduksi oleh kelenjar *prothoracic*. Pada perspektif endokrin, nimpa dan larva serupa satu sama lain

karena sama-sama memiliki hormone *ecdysone* dan *juvenile*. Yang membedakannya adalah pola dari sekresi hormon yang yang mengkoordinasikan metamorphosis. Pada serangga holometabolous, hormon *juvenile* menurun pada titik tertentu pada tahap larva terakhir, diikuti sedikit peningkatan hormone *ecdysone* yang mengakhiri masa makan pada larva, memicu perilaku premetabolik seperti pupa yang berputar dan juga berperan dalam pembentukan jaringan pupa. Kutikula pada pupa dihasilkan setelah pelonjakan besar dari hormon *ecdysone* yang dihubungkan dengan munculnya kembali hormon *juvenile*. Hormon *juvenile* kemudian dieliminasi sebelum fase pupa berakhir sehingga peningkatan berikutnya dari hormone ecdysone dapat memicu pembentukan dan diferensiasi pada fase dewasa (Truman dan Riddiford, 2002).



Gambar 2.2: Gambaran skematik fungsi utama hormon *juvenile* pada fungsi reproduksi serangga dewasa.

Hormon *juvenile* dilepaskan oleh *corpora allata* yang merupakan kelenjar endokrin pada serangga. Hormon *juvenile* memodulasi perilaku yang terkait dengan penyebaran dan reproduksi pada hewan betina. Pada tubuh serangga betina,

Hormon *juvenile* menstimulasi sintesis *vitellogenin*, dan pada ovarium, memfasilitasi pengambilan *vitellogenin* dengan meningkatkan patensi epitel folikuler. Pada serangga jantan, hormon ini menstimulasi sintesis protein pada kelenjar aksesori. Pada beberapa spesies, peptida seks yang diproduksi oleh kelenjar ini ditransmisikan pada betina selama perkawinan. Peptida ini kemudian bekerja pada *corpora allata* dan merangsang oogenesis (Hartfelder,2000). Setiap kali larva mengalami *molting* sempurna, produksi hormone *juvenile* akan menurun. Pengaruh nilai titer hormon *juvenile* dapat dilihat dengan:

- 20-hydroxy ecdysone + high (JH) → *larval molt*
- 20-hydroxy ecdysone + low (JH) → *pupation* (metamorphosis)
- 20-hydroxy ecdysone + no (JH) → *adult methamorphosis*

(Truman, 2006).

2.9 Tikus *Rattus novergicus* strain Wistar

2.9.1 Taksonomi tikus *Rattus novergicus* strain wistar

Kingdom : Animalia

Pillum : Vertebrata

Kelas : Mammalia

Ordo : Rodentia

Familia : Muridae

Genus : Rattus

Spesies : *Rattus norvegicus*

Strain : *Rattus norvegicus* strain Wistar

Gambar 2.6. Tikus Rattus novergicus strain wistar

Kebanyakan tikus yang digunakan untuk kepentingan laboratorium merupakan tikus albino atau keturunan albino. Penggunaan tikus untuk penelitian di laboratorium dimulai pada abad ke-19 di prancis dan inggris (Koolhaas, 2010). Penelitian terbaru memastikan bahwa strain tikus yang digunakan pada percobaan laboratorium berasal dari seleksi dari spesies liar tikus *Rattus novergicus* (De Boer et al. 2003; Koolhaas, 2010).

Tikus strain wistar albino dikembangbiakkan pada *Wistar Institute* pada tahun 1906. Tikus ini mudah ditangani dan perilaku agresif dari pejantannya jarang ditemui. Tikus ini tersebar diseluruh dunia. Tikus ini memiliki kapasitas reproduksi yang tinggi, baik jantan atau betinanya umumnya matur secara seksual pada usia 2-3 bulan (Koolhaas, 2010). Tikus ini merupakan tikus yang paling sering digunakan sebagai hewan percobaan di laboratorium di seluruh dunia (Kuramoto, 2012).