

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Biologi *Daphnia* sp.

##### 2.1.1 Klasifikasi dan morfologi

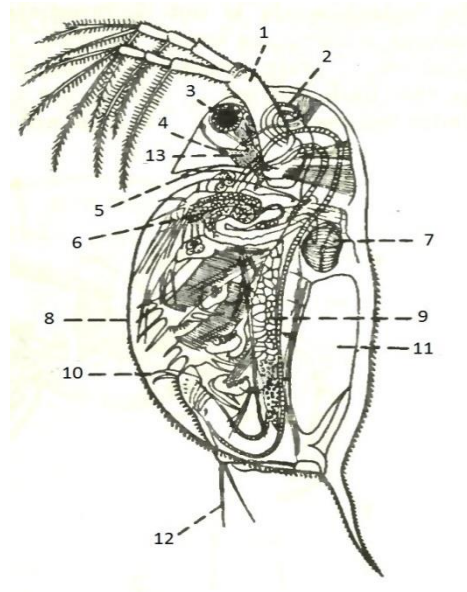
*Daphnia* sp. merupakan organisme air tawar yang termasuk ke dalam filum Arthropoda dan tersebar di daerah tropis. Berikut merupakan klasifikasi

*Daphnia* sp. menurut (Pennak, 1953) :

Phylum	: Arthropoda
Subphylum	: Crustacea
Classis	: Branchiopoda
Subclassis	: Diplostraca
Ordo	: Cladocera
Subordo	: Eucladocera
Familia	: Daphnidae
Subfamilia	: Daphnoidea
Genus	: <i>Daphnia</i> sp.

*Daphnia* sp. adalah komponen utama zooplankton air tawar dengan panjang tubuh antara 0,2 - 3,2 mm (Pennak, 1953). *Daphnia* sp. mempunyai bentuk tubuh pipih bilateral. Tubuh ditutupi oleh cangkang dari kutikula yang mengandung khitin transparan yang disebut karapak (Djarjah, 1995). Pembagian segmen tubuh *Daphnia* sp. hampir tidak terlihat. *Daphnia* sp. memiliki tubuh transparan sehingga organ tubuh bagian dalam terlihat jelas. Pada bagian kepala terdapat mata majemuk, *ocellus*, dan dua pasang antena yaitu antena pertama dan antena kedua yang bercabang dengan panjang mencapai setengah atau lebih dari panjang tubuh yang berfungsi untuk berenang, *maxilla*, dan *mandibula* (Ebert, 2005).

*Post abdomen* merupakan bagian paling posterior dari tubuh dan pada ujungnya terdapat sepasang cakar seperti kuku (claw). Bagian tengah tubuh terdapat lima pasang kaki renang yang tertutup oleh bulu (*setae*) (Mokoginta, 2003). Ruang antara cangkang dan tubuh bagian dorsal merupakan tempat pengeraman telur (Waterman, 1960). Morfologi *Daphnia* sp. seperti pada Gambar 1.



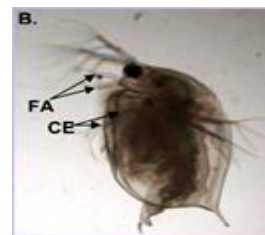
**Gambar 1.** Morfologi *Daphnia* sp.

Keterangan : 1, Antenna kedua; 2, Hati; 3, Mata majemuk; 4, Ocellus; 5, Antena pertama; 6, Kelenjar maxillaris; 7, Jantung; 8, Karapaks; 9, *Ovarium*; 10, Post abdominal claw; 11, Kantong induk; 12, Caudal setae; 13, Otak.

*Daphnia* sp. jantan umumnya lebih kecil dibanding betina, tetapi memiliki *antenula* yang lebih panjang. *Daphnia* sp. jantan dewasa memiliki panjang antara 1 – 5 mm, sedangkan ukuran panjang betina dewasa berkisar antara 3 – 5 mm (Ebert, 2005). *Daphnia* sp. betina memiliki kantung induk (*brood chamber*) pada dinding tubuh dan permukaan *dorsal karapaks* yang digunakan untuk menyimpan telurnya (Clare, 2002). Perbedaan *Daphnia* sp. jantan betina seperti pada Gambar 2.



(A)



(B)

**Gambar 2.** Perbedaan jenis kelamin *Daphnia* sp. dewasa; *Daphnia* sp. betina (A) dan *Daphnia* sp. jantan (B) (Olmstead, 2007)

### 2.1.2 Habitat

Habitat *Daphnia* sp. adalah air tawar yang tergenang (Nasution dan Supranoto, 2004). *Daphnia* sp. menjadi *zooplankton* dominan di perairan, *Daphnia* sp. juga dapat hidup pada bagian atas kolom air di dekat permukaan air yang kaya fitoplankton (Clare, 2002). *Daphnia* sp. merupakan plankton yang mempunyai ukuran tubuh kecil dan lemah untuk melawan arus yang kuat. *Daphnia* sp. hanya mampu bergerak migrasi secara vertikal (Waterman, 1960).

Pennak (1989) menyatakan bahwa *Daphnia* sp. dapat tumbuh pada lingkungan dengan kisaran pH antara 6,5 – 8,5, dimana kisaran pH optimum antara 7,2 – 8,5, salinitas umumnya sekitar 1,5 ppt, sedangkan suhu optimum untuk *Daphnia* sp. adalah 18 – 24°C. Konsentrasi oksigen terlarut optimum yaitu di atas 3,5 mg/l. Pada kandungan amoniak antara 0,35 – 0,61 ppm, *Daphnia* sp. masih dapat hidup dan berkembangbiak dengan baik (Mokoginta, 2003).

### 2.1.3 Makanan dan kebiasaan makan

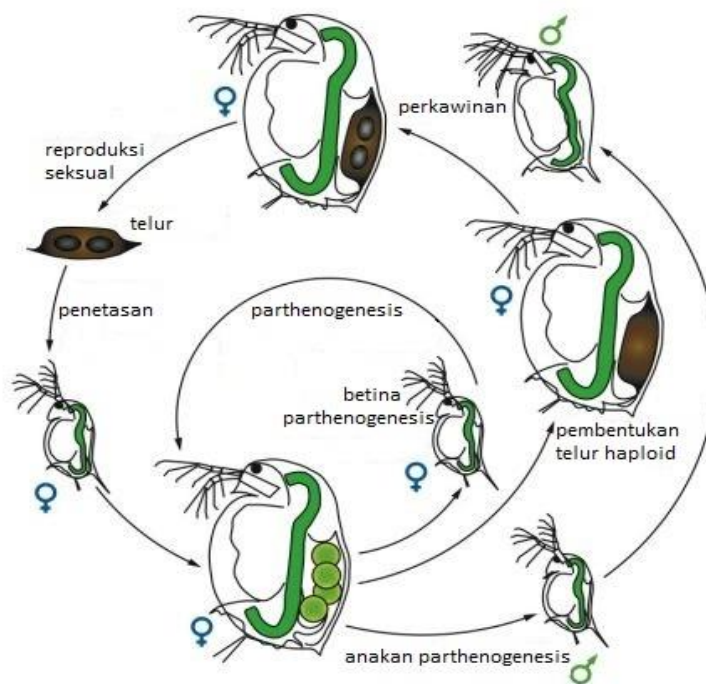
*Daphnia* sp. termasuk *hewanfilter feeder* yang biasanya memakan berbagai macam bakteri, ragi, alga bersel tunggal, detritus, dan bahan organik terlarut. Alga hijau merupakan makanan terbaik untuk *Daphnia* sp.. *Daphnia* sp. biasanya memakan partikel yang berukuran 1 µm – 50 µm. *Daphnia* sp. muda dengan ukuran 1 mm mampu menyaring partikel kecil ukuran 20-30 mikrometer, sedangkan *Daphnia* sp. dewasa dengan ukuran 2-3 mm dapat menangkap partikel sebesar 60-140 mikrometer (Casmuji, 2002). Partikel makanan yang tersaring akan turun melalui rongga pencernaan dan dikeluarkan melalui anus pada bagian ujung rongga pencernaan (Waterman, 1960).

### 2.1.4 Daur hidup dan reproduksi

Daur hidup *Daphnia* sp. terdiri dari tahap telur, juvenil, individu muda dan dewasa (Pennak, 1989). *Daphnia* sp. berkembang biak secara seksual dan aseksual. Perkembangbiakan secara aseksual dilakukan dengan cara parthenogenesis yaitu perkembangbiakan tanpa adanya fertilisasi. Selama parthenogenesis, anakan yang dihasilkan adalah betina. Parthenogenesis terjadi

bila *Daphnia* sp. hidup pada kondisi yang menguntungkan (ketersediaan pakan cukup, suhu optimal) (Ebert, 2005).

Pada kondisi lingkungan yang kurang baik seperti adanya kualitas dan kuantitas pakan menurun, toksisitas, dan oksigen serta populasi yang terlalu padat, *Daphnia* sp. akan menghasilkan keturunan individu jantan (Hickman, 1967 dalam Casmuji, 2002). Adanya *Daphnia* sp. jantan ini akan mengawali terjadinya reproduksi secara seksual, individu jantan yang dihasilkan ini nantinya akan membuahi individu betina. Individu ini akan menghasilkan *resting egg* yang diselubungi oleh cangkang telur yang disebut *ephippia* dan akan menetas apabila menemukan lingkungan yang sesuai untuk mendukung kehidupan *Daphnia* sp.. Daur hidup *Daphnia* sp. seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Daur hidup *Daphnia* sp. (Ebert, 2005)

*Daphnia* sp. merupakan salah satu spesies dari crustacea yang memiliki *Methyl farnesoate* dalam sistem endokrinnya. Olmstead and LeBlanc (2002) menyatakan *Methyl farnesoate* berperan dalam menentukan jenis kelamin anakan *Daphnia* sp. pada induk matang telur dalam ovarium. Namun, hal tersebut juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang dapat menimbulkan kondisi stress pada

organisme tersebut (Rider *et. al*, 2006). Stressor kimia lingkungan dapat memberikan respon balik terhadap ecdysteroid. Stress tersebut bergabung dengan protein reseptor E75, kemudian terjadi regulasi negatif yang ditandai dengan aktifnya terpenoid hormon yakni *Methyl farnesoate* (MF). Hal ini yang menyebabkan kegagalan pembentukan kelamin betina oleh ecdysteroid reseptor transkripsi faktor (E:ECR:RXR), sehingga terbentuklah kelamin jantan (LeBlanc, 2003).

Secara alami reproduksi *Daphnia* sp. dipengaruhi oleh beberapa variasi perubahan lingkungan, diantaranya oksigen terlarut dan densitas populasi. Adanya perubahan kualitas lingkungan akan memicu produksi *Methyl farnesoate*, dimana peningkatan konsentrasi *Methyl farnesoate* pada tubuh *Daphnia* sp. akan mempengaruhi pembentukan anakan jantan. Bahan kimia (logam berat) mempengaruhi reproduksi seksual *Daphnia* sp. dengan dua cara, pertama mempengaruhi sistem saraf yang menyebabkan kerusakan sistem endokrin, sehingga mempengaruhi substansi seperti androgen yang berimplikasi terhadap pergantian seksual pada embrio yang berkembang (Dodson *et. al*, 2000). Mekanisme yang lain yaitu, logam berat merusak reseptor endokrin menyebabkan substansi endokrin tidak dapat mengenali reseptor (substansi tidak berfungsi) sehingga tidak dapat membentuk kelamin betina.

#### **2.1.5 Fisiologi *Daphnia* sp.**

*Daphnia* sp. memiliki sistem peredaran darah terbuka. Jantung terletak pada bagian dorsal, pada anterior dari kantong telur (Ebert, 2005). Jantung berbentuk oval dan pendek (Fox, 2006). Menurut Waterman (1960) denyut jantung *Daphnia* sp. sebanyak 120 denyut per menit dalam keadaan normal. Pada kondisi tertentu kecepatan rata-rata denyut jantung *Daphnia* sp. ini dapat berubah disebabkan oleh beberapa faktor misalnya denyut jantung lebih cepat pada waktu sore hari, pada saat kepadatan populasi rendah, dan saat betina mengerami telur. Pada waktu suhu turun maka laju metabolisme turun dan menyebabkan turunnya kecepatan pengambilan oksigen. Pada lingkungan dengan suhu tinggi akan meningkatkan metabolisme dalam tubuh sehingga laju respirasi meningkat dan berdampak pada peningkatan denyut jantung *Daphnia* sp.

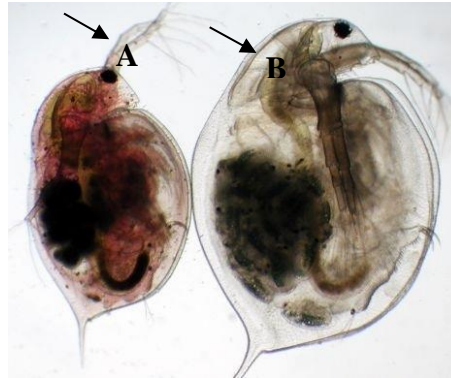
Kondisi lingkungan yang buruk dapat mengaktifkan proses neuro endokrin yang berpengaruh terhadap beberapa respon fisiologi *Daphnia* sp. Adapun respon fisiologis tersebut antara lain berupa perubahan warna tubuh *Daphnia* sp. akibat akumulasi hemoglobin, serta perubahan tipe reproduksi dari aseksual menjadi seksual oleh karena produksi anakan *Daphnia* sp. jantan (Rider *et al.*, 2004). Kondisi lingkungan yang buruk (kelarutan oksigen yang rendah) *Daphnia* sp. menghasilkan lebih banyak hemoglobin (Hb) untuk meningkatkan pengambilan oksigen dari air. Konsentrasi hemoglobin dapat meningkat 20 kali lipat sebagai respon terhadap perubahan kondisi lingkungan berupa perubahan konsentrasi oksigen dan perubahan suhu. Peningkatan konsentrasi hemoglobin dapat mempengaruhi warna tubuh *Daphnia* sp. menjadi berwarna kemerahan (Ebert, 2005). Rider *et al.* (2004) menjelaskan jugawarna merah pada *Daphnia* sp. memiliki *methyl farnesoate* yang akan memacu sintesa hemoglobin yang dapat menyebabkan perubahan warna tubuh *Daphnia* sp. menjadi kemerahan.

#### **2.1.6 Sintesis hemoglobin dan warna *Daphnia* sp.**

Konsentrasi hemoglobin dalam hemolymph *Daphnia* sp. berbeda berdasarkan konsentrasi oksigen terlarut yang ada lingkungannya (Fox and Phear, 1953; Green, 1956 dalam Zeis *et al.*, 2003). Pada kondisi *hypoxia* dalam waktu yang singkat, *Daphnia* sp. akan beradaptasi melalui peningkatan detak jantung dan tingkat sirkulasi udara serta akan menginduksi sintesis hemoglobin (Zeis *et al.*, 2003).

Hemoglobin pada *Daphnia* sp. terdiri dari sub unit hb1, hb2, dan hb3. Zeis *et al.*, (2003) dalam Eads *et al.*, (2008) menyatakan bahwa konsentrasi *mRNA* sub unit hb2 dan hb3 meningkat selama kondisi *hypoxia*, namun tidak demikian halnya dengan sub unit hb1. *Hypoxia Inducible Factor* (HIF) adalah aktivator transkripsi yang mengikat pada *hypoxia respons element* (HRE) di promotor gene *hemoglobin* saat kekurangan oksigen (Bunn and Poyton, 1996 dalam Rider *et al.*, 2004). HIF adalah gabungan sub unit  $\alpha$  dan  $\beta$ . Sub unit  $\alpha$  menurun pada kondisi normoxia (kelarutan oksigen tinggi) (Semenza, 2001 dalam Rider and LeBlanc, 2006). Sintesis *hemoglobin* dapat meningkatkan toleransi dari *Daphnia* sp. terhadap level oksigen terlarut yang rendah (*hypoxia*), sehingga *Daphnia* sp. dapat

bertahan hidup (Pirow *et al.*, 2001 dalam Rider *et al.*, 2004). Ayu (2009) menyatakan bahwa *hypoxia* mempengaruhi skoring warna *Daphnia* sp. dalam produksi hemoglobin. Peningkatan sintesis *hemoglobin* ini akan menjadikan *Daphnia* sp. terlihat berwarna merah (Dekken, 2005). Perubahan warna pada *Daphnia* sp. akibat peningkatan konsentrasi *hemoglobin* seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Perubahan warna *Daphnia* sp.; (A) *Daphnia* sp. pada kondisi hypoxia, (B) *Daphnia* sp. pada kondisi normoxia (Ebert, 2005)

## 2.2 Toksisitas Timbal Acetat $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})$

Timbal acetat merupakan logam berat dengan lambang  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})$  yang berasal dari bahasa latin yaitu *plumbum*.  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})$  merupakan logam nonesensial yang terdapat di alam akibat proses alamiah dan kegiatan manusia seperti pertambangan, pembakaran batu bara, pabrik semen dan digunakan di dalam bensin (Grosell *et al.*, 2005).  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})$  banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena sifat-sifatnya antara lain mempunyai titik cair rendah sehingga jika digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik yang cukup sederhana dan tidak mahal, merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah menjadi berbagai bentuk, dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung jika kontak dengan udara lembab dan memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan logam lainnya kecuali emas dan merkuri (Nordberg, 1998).

Syarat utama suatu organisme sebagai bioindikator adalah memiliki daya tahan tinggi terhadap toksisitas logam berat karena akumulasi logam berat akan memberikan pengaruh racun, baik toksisitas akut maupun toksisitas kronis, organisme yang dipilih mempunyai hubungan geografis dengan lokasi yaitu berasal dari lokasi setempat, hidup di lokasi tersebut, diketahui radius aktivitasnya,

populasinya stabil, pengumpulan organisme tersebut mudah dilakukan, dan masa hidupnya cukup lama, sehingga keberadaannya mampu digunakan sebagai petunjuk kualitas lingkungan di sekitarnya (Putra, 2007).  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})$  merupakan logam yang dapat terakumulasi dalam jaringan organisme. Kandungannya dalam jaringan terus meningkat sesuai dengan kenaikan konsentrasi  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})$  dalam air dan lamanya organisme tersebut berada dalam perairan yang tercemar  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})$ . Hal ini disebabkan karena organisme air tidak mampu meregulasi  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})$  yang masuk kedalam tubuh organisme (Darmono, 1995 dalam Karimah, 2002).  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})$  menyebabkan perubahan pada fungsi pituitary, perkembangan *oosit*, anemia, penurunan jumlah eritrosit, kehilangan fungsi saraf dan *scoliosis* pada ikan air tawar. Senyawa atau ion-ion  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})$  yang masuk ke dalam perairan akan menyebabkan jumlah  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})$  yang ada melebihi konsentrasi yang dapat menyebabkan gangguan saraf dan kematian bagi biota perairan. Kadar maksimum Pb dalam air yang dapat menyebabkan pencemaran perairan adalah sebesar 0,1 mg/l (Halang, 2007). Logam berat Pb pada kondisi *aerob* mempengaruhi perubahan anakan jantan tetapi tidak mempengaruhi skoring warna (Panna, 2009).

### 1.3 Kepadatan Populasi *Daphnia* sp. dan Konsentrasi Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut adalah jumlah oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen dalam perairan berasal dari difusi udara melalui permukaan air, aerasi pada air, dan hasil dari proses fotosintesis fitoplankton atau tumbuhan air (Grasshoff 1975; Rohilan, 1992 dalam Aira, 2009). Kondisi dimana kandungan oksigen terlarut rendah dalam perairan disebut sebagai kondisi *hypoxia* (Bunn and Poyton, 1996 dalam Rider *et al.*, 2004). Long *et al.*, (2008) menyatakan bahwa *Daphnia* sp. mampu bertahan hidup pada kondisi *hypoxia* yaitu konsentrasi oksigen terlarut dibawah 2 mg/l.

Konsentrasi oksigen terlarut di perairan dapat menjadi rendah akibat adanya konsumsi oksigen yang lebih besar dibandingkan dengan produksi oksigen. Organisme perairan memerlukan oksigen untuk pembakaran bahan makanan dalam proses metabolisme untuk menunjang aktivitasnya. Oksigen terlarut tersebut diperoleh melalui respirasi (Mukti dkk., 2003). Green (1955)



menyatakan bahwa pada kondisi kepadatan *Daphnia* sp.yang rendah, kandungan oksigen dalam air akan menjadi lebih tinggi.