

## **BAB II**

### **TINJAUAN TEORITIS**

#### **2.1 Ekosistem Sungai**

Sungai adalah ekosistem yang terbentuk dari komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi, memberikan pengaruh yang penting terhadap kehidupan di dalam perairan (Sania, 2022). Sebagai sumber daya alam, sungai termasuk bagian ekosistem perairan yang sangat bermanfaat terhadap hidup manusia dan telah lama digunakan dalam pemenuhan berbagai kebutuhan sehari-hari. Sungai termasuk dalam kategori perairan lotik dan memiliki peranan penting dalam memenuhi kebutuhan hidup makhluk hidup di sekitarnya, seperti hewan dan tumbuhan serta manusia. Keseluruhan biota pada air sungai juga sangat bergantung pada air yang mengalir dalam sungai tersebut (Revo *et al.*, 2020).

Pada UU No. 7 mengenai sumber daya air disebutkan bahwa sungai adalah bagian dari tipe aliran air permukaan yang harus dikelola keseluruhan terintegrasi, dan berwawasan lingkungan, dengan tujuan untuk memanfaatkan sumber daya air secara berkelanjutan demi kesejahteraan masyarakat. Sungai merupakan sistem alami yang perlu kita lestarikan dan jaga kondisinya sesuai dengan fungsinya (Agung, 2019). Adanya undang-undang yang mengatur Sumber Daya Air (SDA) memperlihatkan bahwa sungai memiliki banyak keuntungan sebagai aliran air. Maka, dikelolanya sumber daya air dilaksanakan dengan cara yang terstruktur dan terus menerus (Winarno, 2020).

Sungai terdiri atas bagian :

##### **1. Bagian Hulu**

Bagian ini berfungsi sebagai sumber erosi karena alur sungai biasanya melintasi daerah pegunungan atau perbukitan yang memiliki ketinggian signifikan pada permukaan laut. Di bagian hulu, substrat permukaannya umumnya terdiri dari batuan dan pasir. Pada area ini, kecepatan aliran air deras.

## 2. Bagian Tengah

Di bagian ini, arusnya sedang dengan kemampuan erosi dan pengendapan yang bervariasi. U merupakan bentuk penampangnya, sehingga kapasitas penampungannya tetap cukup stabil.

## 3. Bagian Hilir

Daerah pengaliran sungai yang mengalir menuju laut atau sungai lain. Umumnya melewati area dengan substrat permukaan yang terdiri dari endapan pasir yang bervariasi dari halus hingga kasar, berlumpur, endapan organik, dan bentuk endapan lainnya yang sangat tidak stabil. Alur sungai pada hilir memiliki bentuk yang berliku-liku, yang disebut sebagai meander (Firdhausi et al., 2018).

### **2.2 Indikator Biologi**

Kualitas air di suatu badan perairan dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk zat terlarut, bahan yang tersuspensi, dan organisme yang ada di dalamnya. Terdapat sekelompok organisme yang dikenal sebagai indikator biologi, yang kehadiran atau perilakunya berkaitan dengan kondisi lingkungan (Priska et al., 2020).

Dibandingkan dengan indikator fisik dan kimia, indikator biologi lebih efisien untuk memantau kualitas air secara terus-menerus. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa biota perairan (flora dan fauna) menghabiskan seluruh siklus hidupnya di lingkungan tersebut. Sebaliknya, pengukuran yang menggunakan parameter fisik dan kimia hanya memberikan gambaran kualitas lingkungan pada waktu tertentu dan dapat memiliki variasi interpretasi yang lebih luas. Selain itu, indikator biologi juga berfungsi sebagai alat praktis untuk memantau pencemaran. Ketika pencemaran terjadi, keanekaragaman spesies akan berkurang, yang mengarah pada jaringan makanan yang lebih sederhana. Oleh karena itu, penerapan organisme indikator dalam penilaian kualitas air sangat penting, karena mereka merespons keadaan kualitas air dan dapat melengkapi evaluasi yang didasarkan pada parameter fisik dan kimia. Biota perairan dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama—plankton, bentos, dan nekton—berdasarkan ukuran, karakteristik hidup, dan habitatnya (Azwardari, 2018).

Zooplankton memainkan peran penting dalam ekosistem perairan, karena mereka berfungsi sebagai sumber makanan bagi organisme lainnya. Perubahan dalam fungsi perairan sering kali disebabkan oleh perubahan dalam struktur dan jumlah zooplankton. Perubahan ini dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor alami maupun aktivitas manusia (Mariyati et al., 2020)

### **2.2.1 Indikator Kualitas Air Berdasarkan Faktor Fisika Kimia**

#### **1. Kualitas Air Berdasarkan Indikator Fisika**

##### **a. Suhu**

Suhu memainkan peran penting dalam pengaturan ekosistem di lingkungan perairan. Fluktuasi suhu dapat menyebabkan perubahan pada pola sirkulasi dan stratifikasi, yang berdampak besar pada kehidupan organisme akuatik. Setiap spesies memiliki rentang suhu yang ideal untuk pertumbuhannya; contohnya, ganggang dari kelompok Chlorophyta tumbuh baik pada suhu antara 30-35 °C dan 20-30 °C, sedangkan Cyanophyta mampu beradaptasi pada suhu yang lebih tinggi (di atas 30 °C) dibandingkan dengan kelompok Chlorophyta dan Diatom (Khairun et al., 2019).

##### **b. Kecepatan Arus**

Badan air ini menunjukkan kecepatan arus yang cukup tinggi, mencapai maksimum 6 m/s, dengan rata-rata aliran sekitar 3 m/s. Namun, menetapkan batasan tetap untuk kecepatan aliran cukup sulit, karena kecepatan ini bervariasi dalam ekosistem akuatik tergantung pada debit air, kondisi aliran, dan jenis substrat yang ada. Misalnya, selama musim hujan, peningkatan debit air berpengaruh pada laju aliran. Berbagai substrat di dasar badan air juga dapat memengaruhi kecepatan arus. Dalam saluran sungai yang lurus, aliran tercepat biasanya berada di tengah sungai karena minimnya gesekan. Di sisi lain, pada saluran sungai yang berbelok, kecepatan arus tertinggi biasanya terletak di tepi luar akibat gaya sentrifugal. Terdapat beberapa area dengan gerakan air yang sangat lambat, biasanya di belakang batu-batu di dasar sungai, yang menyediakan habitat yang ideal bagi organisme akuatik (Alexander, 2020).

### c. Kecerahan Air

Kecerahan air diukur dengan menggunakan alat secchi disk, yang menunjukkan kedalaman di mana disk dapat terlihat dari permukaan. Tingkat penetrasi cahaya matahari ke dalam air memiliki pengaruh signifikan terhadap visibilitas ini. Beberapa faktor, termasuk warna air, keberadaan bahan organik dan anorganik yang tersuspensi, serta kepadatan biota akuatik seperti plankton, serta sisa-sisa jasad renik dan detritus, memengaruhi penetrasi cahaya matahari (Barus, 2004).

Kedalaman di mana secchi disk terlihat berfungsi sebagai indikator kejernihan air, mencerminkan sifat optik air dalam hal transmisi cahaya. Kedalaman secchi disk yang lebih besar menunjukkan penetrasi cahaya yang lebih baik serta keberadaan lapisan air produktif yang lebih tebal. Lapisan air yang produktif ini memungkinkan produsen primer untuk secara efektif memanfaatkan nutrisi, yang pada gilirannya dapat menyebabkan penurunan kadar nutrisi (Asmara, 2005).

## 2. Kualitas Air Berdasarkan Parameter Kimia

### a. pH (Derajat Keasaman)

pH atau *Power of Hydrogen* adalah ukuran keasaman suatu perairan berdasarkan konsentrasi ion hydrogen yang terdapat di dalamnya. pH nilai berkisar antara 1 hingga 14 dan dapat diukur menggunakan pH meter atau kertas lakmus. Semakin tinggi nilai pH, maka sifat perairan semakin basa dan konsentrasi ion H<sup>-</sup> semakin tinggi. Sebaliknya, semakin rendah nilai pH, maka sifat perairan semakin asam dan konsentrasi ion H<sup>+</sup> semakin tinggi (Alexander, 2020).

Kondisi perairan yang sangat asam atau sangat basa dapat membahayakan kelangsungan hidup organisme karena dapat mengganggu metabolisme dan respirasi. Selain itu, pH yang sangat rendah dapat meningkatkan mobilitas senyawa logam berat yang bersifat toksik, yang tentunya dapat mengancam kelangsungan hidup organisme akuatik. Disisi lain pH yang tinggi juga dapat mengganggu keseimbangan antara ammonium dan amoniak dalam air, dimana peningkatan pH di atas normal dapat meningkatkan konsentrasi ammonia yang bersifat tosik bagi organisme (Khairun *et al.*, 2019).

b. *Dissolved Oxygen* (DO)

*Dissolved Oxygen* (DO) atau oksigen terlarut ialah kandungan oksigen yang terlarut dalam air. Zooplankton memegang peranan penting dalam ekosistem air. Jumlah minimum oksigen terlarut yang ada di dalam air adalah 4 mg/L. Kandungan oksigen yang terlarut dalam air akan menurun karena adanya proses respirasi oleh makhluk hidup di dalam air, dekomposisi bahan organik, aliran air bawah tanah yang memiliki sedikit oksigen, dan juga karena peningkatan suhu (Alexander, 2020).

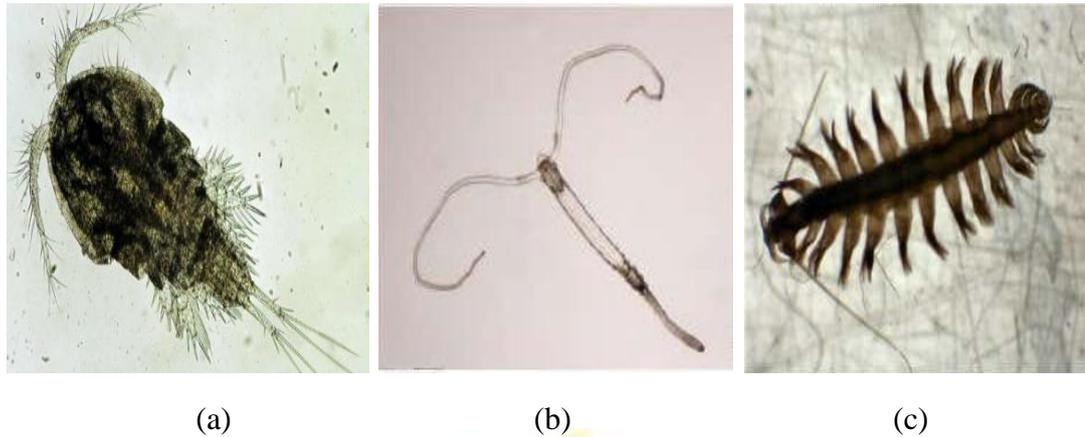
c. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) mengacu pada jumlah senyawa organik yang akan diuraikan, ketersediaan mikroorganisme aerob yang mampu memecah senyawa organik ini, dan jumlah oksigen yang diperlukan untuk proses penguraian tersebut. Kehadiran polutan dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut di dalam air sambil meningkatkan populasi mikroorganisme di area penguraian. Setelah polutan terurai, akan terbentuk zona terminasi yang akhirnya bertransisi menjadi zona pemulihan. Selama fase pemulihan, populasi mikroorganisme yang berfungsi sebagai dekomposer menurun, dan kadar oksigen terlarut meningkat, yang menyebabkan kondisi air kembali normal (Alexander, 2020).

### **2.3 Zooplankton**

Zooplankton adalah organisme hewani yang berfungsi sebagai konsumen primer dalam ekosistem perairan. Mereka biasanya naik ke permukaan air di malam hari tetapi turun ke lapisan yang lebih dalam selama siang hari, sehingga jarang terlihat di permukaan pada siang hari (Dharmawibawa, 2023).

Makhluk ini sangat penting untuk transfer dan pemanfaatan energi, berfungsi sebagai jembatan antara produsen dan hewan-hewan di tingkat trofik yang lebih tinggi. Selain itu, zooplankton juga menyediakan sumber makanan utama bagi banyak spesies ikan dan udang karena kandungan nutrisinya yang kaya. Oleh karena itu, populasi zooplankton yang sehat hanya dapat berkembang jika terdapat jumlah fitoplankton yang mencukupi. Meskipun demikian, tidak jarang ditemukan populasi zooplankton yang rendah meskipun fitoplankton sangat melimpah di lingkungan nyata (Yuliana, 2019).



**Gambar 2.1** Contoh zooplankton (a). *Cyclops* sp. (b). *Magelona* sp. (c). *Temopterus* sp. (Sumber: Dokumentasi pribadi)

Ukuran kecil zooplankton tidak menunjukkan bahwa zooplankton sebagai organisme yang tidak penting. Anggapan ini salah, karena mereka menyediakan sumber makanan yang krusial bagi berbagai spesies ikan komersial. Pada dasarnya, keberadaan ikan di alam liar bergantung pada ketersediaan zooplankton. Mengingat ikan merupakan sumber makanan yang penting bagi manusia, pasokan makanan kita secara tidak langsung bergantung pada zooplankton (Pradana et al., 2019). Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada ciptaan Allah yang sia-sia; setiap ciptaan memiliki peran uniknya masing-masing., firman Allah SWT dalam surat *Al-Anbiya* ayat 16

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا لَعِينًا

Artinya:

“ Kami Tidak Menciptakan Langit dan Bumi Serta Segala Apa Yang Ada di Antara Keduanya Dengan Main-Main ”(Q.S *Al-Anbiya* 16).

Kandungan ayat:

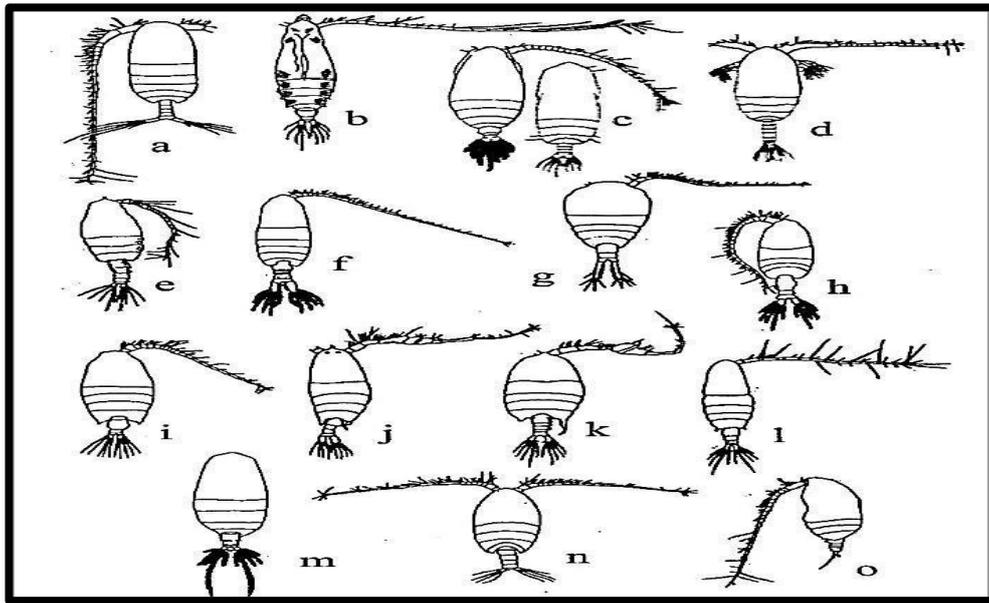
Ayat yang disebutkan di atas menekankan bahwa Allah menciptakan langit, bumi, dan segala yang ada di dalamnya dengan maksud dan hikmah. Dia menciptakannya dengan kebenaran dan untuk tujuan yang adil, sehingga memungkinkan manusia untuk mengenal Allah sebagai Pencipta Yang Maha

Agung, Pengatur yang Maha Bijaksana, Yang Maha Pengasih, dan Yang Maha Penyayang, yang memiliki segala kesempurnaan, layak mendapatkan semua pujian, dan memiliki segala kekuatan. Ucapan-Nya adalah benar, memungkinkan individu untuk mengakui kekuasaan-Nya serta manfaat yang diberikan-Nya bagi umat manusia. Selain itu, ini juga menunjukkan bahwa Dia yang mampu menciptakan luasnya alam semesta juga memiliki kuasa untuk menghidupkan kembali yang telah meninggal untuk memberi balasan atas amal perbuatan mereka di dunia. Hikmah dari ayat ini adalah bahwa tidak ada satu pun ciptaan Allah yang sia-sia; setiap ciptaan memiliki kelebihan dan fungsi masing-masing. Dalam konteks ini, zooplankton berperan sebagai indikator kualitas air yang berharga.

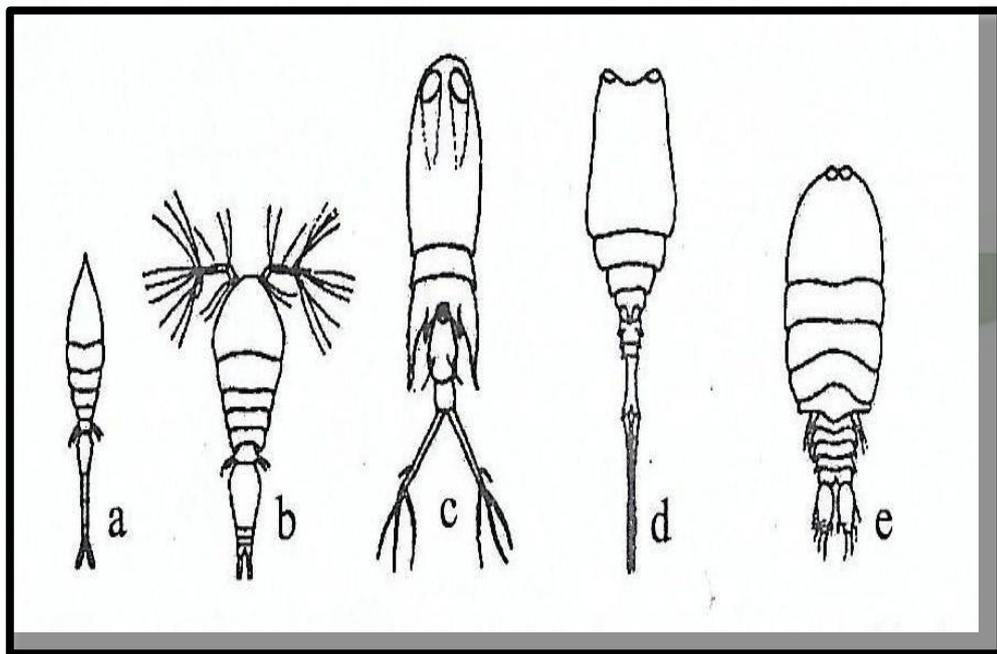
### **2.3.1 Penggolongan Zooplankton**

Zooplankton biasanya memiliki ukuran antara 0,2 hingga 2 mm, meskipun beberapa spesies, seperti ubur-ubur, dapat melebihi satu meter. Organisme ini bersifat heterotrofik, yang berarti mereka tidak dapat mensintesis makanan organik mereka sendiri, sehingga mereka bergantung pada fitoplankton untuk bertahan hidup. Zooplankton dapat ditemukan di berbagai lingkungan, termasuk perairan pantai, estuaria di muara sungai, dan samudera terbuka, mulai dari daerah tropis hingga daerah kutub, dan dari permukaan hingga kedalaman laut. Sebagian besar hewan laut yang berenang bebas (nekton) atau yang hidup di dasar laut (benthos) memulai siklus hidup mereka sebagai zooplankton (Hilal, 2019).

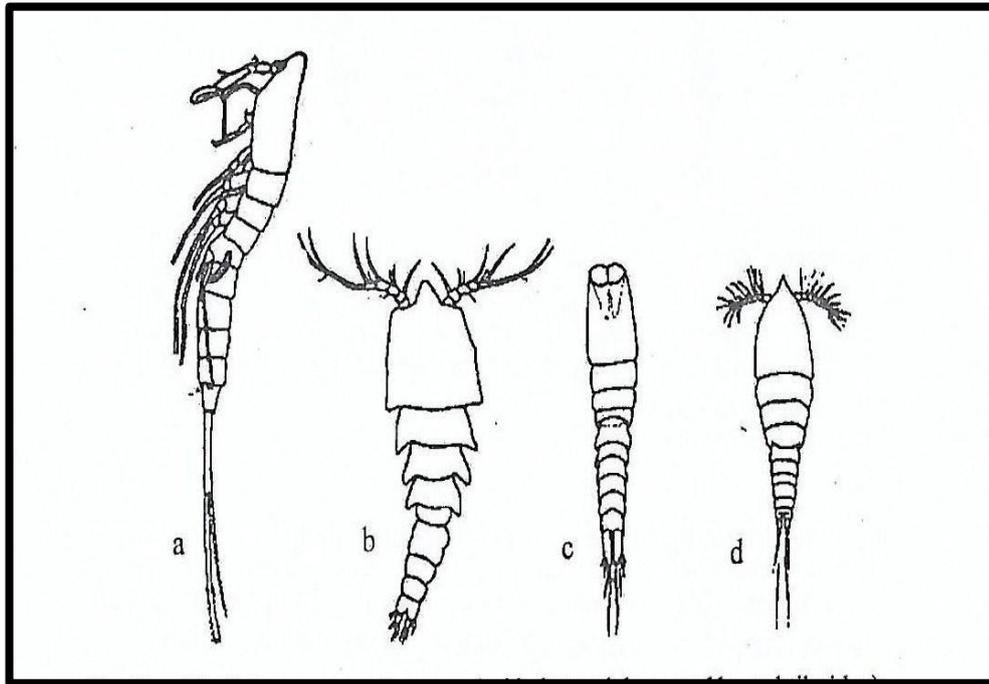
Kelompok zooplankton yang umum dijumpai meliputi Copepoda, Euphausid, Mysid, Amphipod, dan Chaetognath. Contoh-contoh zooplankton ini diilustrasikan dalam Gambar 2.2.



**Gambar 2.2.** Contoh Zooplankton Marga Copepoda Kalanoid. a. *Calanus*, b. *Rhincalanus*, c. *Eucalanus*, d. *Paracalanus*, e. *Euchaeta*, f. *Centropages*, g. *Temora*, h. *Pleuromamma*, i. *Candacia*, j. *Labidocera*, k. *Pontellops*, l. *Acartia*, m. *Undinula*, n. *Scolecithrix*, o. *Acrocalanus*. (Sumber: Hilal, 2019)



**Gambar 2.3.** Contoh Zooplankton Marga Copepoda Siklopoid. a. *Oithona*, b. *Oncaea*, c. *Corycaeus*, d. *Copilia*, e. *Sapphirina*. (Sumber: Hilal, 2019)



**Gambar 2.4.** Contoh Zooplankton Marga Copepoda Harpaktikoida. a. *Macrosetella*. b. *Clytemnestra*. c. *Micracia*. d. *Euterpina*. (Sumber: Hilal, 2019)

Organisme plankton, yang mencakup baik fitoplankton maupun zooplankton, memiliki ukuran tubuh yang bervariasi. Berdasarkan penggolongan oleh Azwandari (2018), plankton terdiri dari:

- a. Ultrananoplankton: berukuran di bawah 2  $\mu\text{m}$
- b. Nanoplankton: berukuran antara 2 hingga 20  $\mu\text{m}$
- c. Mikroplankton: berukuran antara 20 hingga 200  $\mu\text{m}$
- d. Mesoplankton: berukuran antara 200 hingga 2000  $\mu\text{m}$
- e. Megaplankton: berukuran lebih dari 2000  $\mu\text{m}$

Di antara lima kelompok zooplankton ini, megaplankton, mesoplankton, dan mikroplankton umumnya dapat dikumpulkan menggunakan jaring plankton standar. Sebaliknya, zooplankton yang diklasifikasikan sebagai nanoplankton dan ultrananoplankton tidak dapat ditangkap dengan jaring standar (Azwandari, 2018).

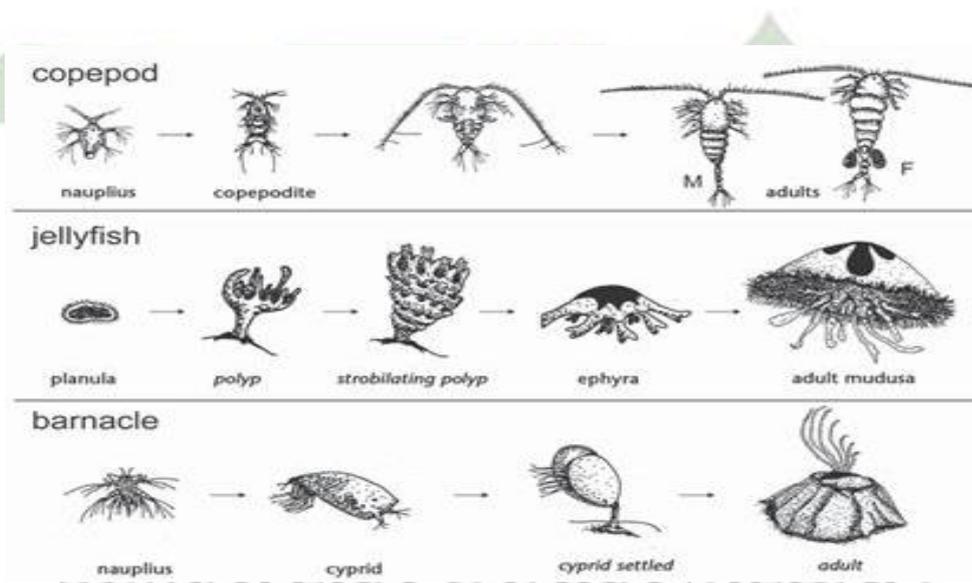
### 2.3.2 Ketersediaan Makanan Zooplankton

Sebagian besar zooplankton bergantung pada fitoplankton untuk kebutuhan nutrisinya. Penurunan ketersediaan fitoplankton mengakibatkan pasokan makanan yang berkurang bagi zooplankton. Populasi zooplankton sangat terkait dengan keberadaan fitoplankton; oleh karena itu, tingginya jumlah fitoplankton memastikan adanya sumber makanan yang melimpah bagi zooplankton (Fathurrohman, 2022). Banyak zooplankton yang menyaring bakteri, detritus, dan alga yang tersuspensi untuk mendapatkan makanan. Efisiensi penyaringan mereka sangat dipengaruhi oleh suhu, dan umumnya mereka tidak dapat bertahan hidup ketika suhu melebihi 28°C.

Zooplankton yang melakukan grazing dapat memilih makanan, dan banyak spesies fitoplankton memberikan nutrisi berharga. Namun, tidak semua fitoplankton yang tersedia dapat dicerna oleh zooplankton, karena beberapa di antaranya sulit diolah. Untuk mengumpulkan makanan, zooplankton memanfaatkan berbagai struktur dan adaptasi yang mereka miliki. Crustacea, misalnya, dilengkapi dengan antena dan kaki toraks yang memiliki struktur yang lebih baik, sehingga mereka memiliki kemampuan penyaringan yang lebih unggul dibandingkan spesies lainnya. Sebagai contoh, *Daphnia* dan beberapa Cladocera menggunakan bantalan kaki berbulu serta setae untuk menyaring partikel, yang kemudian dikumpulkan di sisi ventral dan dipindahkan ke mulut mereka. Copepoda Calanoid menciptakan arus dengan mengepaskan empat pasang maksila, di mana partikel ditangkap oleh maksila kedua sebelum disaring. Calanoid menyaring partikel dengan ukuran antara 5 hingga 100 µm. Beberapa spesies Calanoid, seperti *Diaptomus shoshone*, berfungsi sebagai predator tetapi juga kadang-kadang mengonsumsi partikel tersuspensi. Rotifera menunjukkan variasi bentuk dan strategi makan yang beragam. Contohnya, *Keratella*, *Filinia*, dan *Bronchionus* termasuk rotifera omnivora, sementara *Asplanchna* dan *Synchaeta* adalah predator yang lebih besar. Rotifera menggunakan silia yang terletak di cincin anterior mereka untuk menggerakkan partikel ke mulut (Putri, 2021).

### 2.3.3 Siklus Hidup Zooplankton

Banyak zooplankton menghabiskan seluruh siklus hidup mereka dalam keadaan planktonik, seperti Copepoda, salps, dan beberapa ubur-ubur, yang diklasifikasikan sebagai holoplankton. Sebaliknya, meroplankton ditemukan dalam jumlah yang signifikan pada waktu tertentu, terutama di lingkungan sungai, di mana mereka dianggap sebagai bagian integral dari siklus hidup mereka, terutama pada tahap larva (Fathurrohman, 2022). Dalam bentuk dewasa, organisme ini biasanya melayang selama beberapa hari setiap minggu sebelum metamorfosis terjadi menjadi bentuk benthik atau nekton. Larva bulu babi, bintang laut, krustasea, cacing laut, dan sebagian besar spesies ikan merupakan contoh meroplankton (Nur'aini, 2021). Gambar 2.5 menggambarkan tahap kehidupan plankton serta bentuk sessil dari berbagai spesies zooplankton umum, yang akan dijelaskan lebih lanjut di bawah ini.



**Gambar 2.5.** Tahap Kehidupan Plankton (Tahap Larva Sampai Tahap Dewasa)  
(Sumber: Sutanto *et al.*, 2019)

Siklus hidup Copepoda biasanya terdiri dari enam tahap Nauplius (larva) dan lima tahap Copepoda (remaja) sebelum kedewasaan dicapai. Setiap tahap dipisahkan oleh proses molting, yang memisahkan setiap tahap. Seiring dengan perkembangan, segmentasi terjadi pada tubuh Copepoda. Jenis kelamin dipisahkan;

sperma disampaikan dari jantan ke betina melalui spermatofor, dan telur tetap berada dalam kantung hingga siap untuk menetas. Waktu yang dibutuhkan untuk perkembangan dari telur hingga dewasa umumnya berkisar antara 2 hingga 6 minggu. Plankton dewasa dapat bertahan hidup selama satu bulan hingga beberapa bulan (Sutanto et al., 2019). Barnakel juga mengalami tahap Nauplius yang dapat berenang bebas di dalam air. Tahap Nauplius tersebut diikuti oleh tahap cyprid; larva cyprid menempel pada substrat keras, yang membantu mereka menetap di area yang menguntungkan untuk kelangsungan hidup dan pemilihan pasangan. Setelah menetap, zat yang memungkinkan cyprid untuk menempel secara permanen pada substrat dikeluarkan. Selanjutnya, tubuh dilapisi oleh lapisan berkapur yang terbentuk. Barnakel dewasa memiliki organ reproduksi jantan dan betina dan berkembang biak secara seksual melalui fertilisasi silang. Telur yang telah dibuahi disimpan di dalam cangkang hingga berkembang menjadi larva Nauplius. Satu organisme dapat melepaskan lebih dari 10.000 larva (Marani et al., 2022).

#### **2.3.4 Adaptasi Zooplankton**

Zooplankton biasanya memiliki kemampuan untuk bergerak atau berenang, meskipun dalam batasan tertentu. Spesies seperti Copepoda dan Eufausid dilengkapi dengan umbai-umbai yang berfungsi sebagai kaki renang, sehingga memungkinkan mereka untuk melakukan migrasi vertikal. Dalam percobaan, telah ditunjukkan bahwa Copepoda yang tetap diam akan tenggelam, dengan laju penenggelamannya berbanding terbalik dengan panjangnya—semakin kecil ukurannya, semakin lambat mereka tenggelam. Meskipun demikian, banyak zooplankton menunjukkan adaptasi morfologis yang membantu mereka mengurangi laju tenggelam (Antuke et al., 2020). Sebagai contoh, *Verella* memiliki struktur berisi gas yang memungkinkannya mengapung di permukaan air. Beberapa zooplankton memiliki bentuk seperti payung yang mirip dengan ubur-ubur, yang juga mengandung sejumlah besar air yang membantu daya apung. Sementara itu, Copepoda *Oithona* sp. memiliki umbai-umbai bercabang, khususnya di antenanya, sedangkan beberapa di antaranya memiliki tubuh yang lebar dan pipih, seperti yang terlihat pada Copepoda *Sapphirina*.

Kepadatan (massa per satuan volume) zooplankton melebihi kepadatan air, sehingga mereka cenderung tenggelam secara alami, yang dapat berdampak negatif pada kelangsungan hidup mereka. Ketika zooplankton tenggelam jauh dari daerah yang kaya akan makanan, terutama fitoplankton, distribusi vertikal mereka dipengaruhi oleh variasi musiman dan interaksi kelompok. Ketika suhu air turun, zooplankton cenderung naik ke permukaan, karena lapisan atas ini seringkali rendah oksigen (Yudhatama et al., 2019).



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUMATERA UTARA MEDAN