

BAB II

KELIMPAHAN, KEANEKARAGAMAN, DAN ZOOPLANKTON DI PANTAI SINDANGKERTA

A. Pantai Sindangkerta

Pantai Sindangkerta adalah nama sebuah pantai yang memiliki taman laut dengan luas 20 Ha yang berlokasi di Desa Sindangkerta, Kecamatan Cipatujah, Kabupaten Tasikmalaya. Jaraknya sekitar 90 km dari pusat kota Tasikmalaya, 200 km dari Kota Bandung, 380 km dari Jakarta dan sekitar 90 km sebelah barat Pantai Pangandaran. Letak geografis dari pantai berpasir kecoklatan yang menghadap ke perairan Samudera Hindia ini adalah E 108° 03'; S 7° 45'. Arah ke pantai Sindangkerta sekitar 4 km dari pantai Cipatujah (Randani, 2015). Pantai Sindangkerta memiliki zona litoral yang merupakan daerah dimana terjadi pasang dan surutnya air laut.

B. Ekosistem

1. Pengertian Ekosistem

Ekosistem adalah komunitas organisme di suatu wilayah beserta faktor-faktor fisik yang berinteraksi dengan organisme-organisme tersebut (Campbell, dkk., 2010, h. 327). Ekosistem meliputi hubungan timbal balik antara faktor biotik (makhluk hidup) dengan faktor abiotik (benda tidak hidup) beserta proses pertukaran energi dan materi yang semua komponen tersebut saling berkaitan dan ketergantungan, dalam mempengaruhi kelangsungan hidup makhluk hidup dengan lingkungannya (Mulyadi, 2010 dalam Istikoyah, 2015).

Di dalam ekosistem, terjadinya siklus materi dan energi berlangsung saling ketergantungan dan saling mempengaruhi. Apabila di antara bagian (komponen) terganggu, maka akan mempengaruhi komponen lainnya, sehingga kestabilan ekosistem akan terganggu. Suatu ekosistem dapat mencakup area yang luas, misalnya hutan, atau mikrokosmos (*microcosm*), seperti ruang di bawah batang kayu yang tumbang atau kolam kecil. Seperti populasi dan komunitas, batas-batas ekosistem terkadang tidak jelas. Banyak ahli ekologi memandang keseluruhan biosfer sebagai suatu ekosistem global, gabungan dari semua ekosistem lokal di bumi. (Campbell, dkk., 2010, h. 406).

Ekosistem lautan merupakan ekosistem akuatik yang terbesar di planet bumi. Perairan laut ini juga dapat dibagi berdasarkan kadar garam mineral atau lokasi, yaitu pantai, selat, muara, dan laut (Surtikanti, 2009, h. 74).

2. Ekosistem Pantai

Ekosistem pantai merupakan daerah yang mempunyai kedalaman kurang dari 200 meter. Adanya nutrien di dalam air dan arus serta didukung oleh faktor kimia dan fisika menjadikan pantai sebagai perairan yang kaya keanekaragaman jenis. Suhu, pH, kadar oksigen, salinitas merupakan parameter fisik yang penting untuk kehidupan organisme di perairan pantai (Surtikanti, 2009, h. 81). Pantai merupakan kawasan perbatasan antara daratan dengan perairan laut. Zona pada perbatasan tersebut sering terjadi pasang-surut yaitu daerah antara air pasang (pasang naik) dan air surut (pasang surut) disebut juga sebagai zona litoral.

Zona litoral adalah daerah perairan yang dangkal dengan penetrasi cahaya sampai ke dasar, biasanya pada zona litoral ini ditumbuhi oleh tanaman air

(Odum, 1994, h. 374). Zona litoral merupakan perairan dangkal yang memperoleh banyak cahaya (Campbell, dkk., 2010, h. 341). Zona ini merupakan daerah pantai yang terletak diantara pasang tertinggi dan surut terendah; daerah ini mewakili daerah peralihan dari kondisi lautan ke kondisi daratan. Daerah ini merupakan zona yang melimpah dengan kehidupan (Nybakken, 1992, h. 35). Zooplankton yang hidup di zona litoral agak khusus dan berbeda dengan yang hidup di zona limnetik. Di zona litoral, massa dari udang-udangan lebih berat dibandingkan massa air sehingga kurang bisa mempertahankan kondisi mengapung, biasanya zooplankton di zona ini berpegangan pada tanaman atau beristirahat di dasar bila tidak menggerakkan anggota badannya. Jenis *Cladocera* yang besar tapi bukan perenang ulung merupakan kelompok penting zooplankton di zona litoral (Odum, 1994, h. 381).

C. Komunitas

Komunitas merupakan suatu kelompok populasi dari sejumlah spesies yang berbeda di suatu wilayah. Ekologi komunitas mengkaji bagaimana interaksi antarspesies, seperti predasi dan kompetisi, mempengaruhi struktur dan organisasi komunitas (Campbell, dkk., 2010, h. 327).

Komunitas merupakan prinsip ekologi yang penting yang menekankan keteraturan dalam kumpulan berbagai organisme yang hidup di setiap habitat. Komunitas bukan hanya sekumpulan hewan dan tumbuhan yang hidup saling ketergantungan satu sama lain tetapi merupakan suatu komposisi kekhasan taksonomi, dengan pola hubungan antara trofik tertentu dan pada metabolismenya (Michael, 1994, h. 267).

Komunitas dapat disebut dan diklasifikasi menurut bentuk atau sifat struktur utama seperti misalnya jenis-jenis yang dominan, bentuk-bentuk hidup atau indikator-indikator, habitat fisik dari komunitas, atau tanda-tanda fungsional seperti tipe metabolisme komunitas (Odum, 1994, h. 180).

D. Populasi

Populasi (*population*) adalah suatu kelompok individu dari spesies yang sama, yang hidup di suatu wilayah (Campbell, dkk., 2010, h. 327). Anggota-anggota populasi mengandalkan sumber daya yang sama, dipengaruhi faktor-faktor lingkungan yang serupa, serta berkemungkinan berinteraksi dan berbiak dengan satu sama lain (Campbell, dkk., 2010, h. 353). Selain itu, populasi didefinisikan sebagai kelompok organisme-organisme dari spesies yang sama (atau kelompok-kelompok lain dimana individu-individu dapat bertukar informasi genetiknya) yang menempati ruang atau tempat tertentu, memiliki ciri atau sifat yang unik dari kelompok tersebut dan bukan merupakan sifat individu di dalam kelompok itu (Odum, 1994, h. 201).

E. Kelimpahan

Kelimpahan adalah jumlah individu yang menempati wilayah tertentu atau jumlah individu suatu spesies per kuadrat atau persatuan volume. (Michael, 1994, h. 89). Selain itu, kelimpahan relatif adalah proporsi yang direpresentasikan oleh masing-masing spesies dari seluruh individu dalam suatu komunitas (Campbell, dkk., 2010, h. 385). Sementara Nybakken (1992, hal. 27) mendefinisikan

kelimpahan sebagai pengukuran sederhana jumlah spesies yang terdapat dalam suatu komunitas atau tingkatan trofik. Berdasarkan pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa kelimpahan adalah jumlah atau banyaknya individu pada suatu area tertentu dalam suatu komunitas.

Kelimpahan suatu spesies zooplankton dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti suhu, cahaya, nutrien, oksigen, kecerahan air dan arus air dapat mempengaruhi kelimpahan dari spesies tersebut. Seperti contoh, kandungan oksigen yang rendah pada suatu wilayah perairan akan mempengaruhi kelimpahan dan keanekaragaman spesies atau dengan kandungan pH yang terlalu rendah atau tinggi juga akan mempengaruhi jumlah spesies pada suatu wilayah.

Selain faktor tersebut, suatu spesies tidak dapat sintas dan bereproduksi di suatu lingkungan yang baru. Hal tersebut diakibatkan oleh interaksi negatif dengan organisme lain dalam bentuk pemangsaan, parasitisme atau kompetisi. (Campbell, dkk., 2010, h. 331). Itu merupakan salah satu faktor pembatas kelimpahan dan keanekaragaman spesies dalam suatu wilayah perairan. Namun selain pemangsa dan herbivor, ketersediaan sumber makanan, parasit, patogen dan organisme pesaing juga dapat bertindak sebagai faktor pembatas terhadap kelimpahan dan keanekaragaman spesies tersebut. (Campbell, dkk., 2010, h. 332).

Pada suatu perairan yang memiliki kelimpahan dan keanekaragaman zooplankton yang tinggi dapat dijadikan bio-indikator karena zooplankton dapat menggambarkan jumlah ketersediaan makanan bagi biota hewan di perairan khususnya di lautan.

F. Keanekaragaman

Keanekaragaman adalah jumlah total spesies dalam suatu daerah tertentu atau diartikan juga sebagai jumlah spesies yang terdapat dalam suatu area antar jumlah total individu dari spesies yang ada dalam suatu komunitas. Hubungan ini dapat dinyatakan secara numerik sebagai *indeks keanekaragaman* (Michael, 1994, h. 269). Selain itu, keanekaragaman spesies merupakan suatu karakteristik ekologi yang dapat diukur dan khas untuk organisasi ekologi pada tingkat komunitas. Berdasarkan pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa keanekaragaman adalah jumlah total spesies dari berbagai macam organisme yang berbeda dalam suatu komunitas.

Keanekaragaman spesies memiliki dua komponen utama yaitu kekayaan spesies (*species richness*) dan kelimpahan relatif (*relative abundance*). Sehingga keanekaragaman spesies dalam suatu komunitas sangat berkaitan dengan kelimpahan spesies dalam area tertentu (Campbell, dkk., 2010, h. 385).

Keanekaragaman ditandai oleh banyaknya spesies yang membentuk suatu komunitas, semakin banyak jumlah spesies maka semakin tinggi keanekaragamannya (Heddy & Kurniati, 1996, h. 58 dalam Andriyansyah, 2013). Keanekaragaman spesies dinyatakan dalam indeks keanekaragaman. Indeks keanekaragaman menunjukkan hubungan antara jumlah spesies dengan jumlah individu yang menyusun suatu komunitas, nilai keanekaragaman yang tinggi menunjukkan lingkungan yang stabil sedangkan nilai keanekaragaman yang rendah menunjukkan lingkungan yang menyesak dan berubah-ubah (Heddy & Kurniati, 1996, h. 58 dalam Andriyansyah, 2013). Selain dapat menghitung

keanekaragaman dari suatu komunitas hewan, kelimpahan suatu populasi spesies tertentu juga dapat diukur dengan menggunakan rumus tertentu.

G. Zooplankton

1. Definisi Zooplankton

Zooplankton merupakan anggota plankton yang bersifat hewani, sangat beranekaragam dan terdiri dari bermacam larva dan bentuk dewasa yang mewakili hampir seluruh filum hewan. Namun demikian, dari sudut ekologi, hanya satu golongan zooplankton yang sangat penting artinya, yaitu subkelas Copepoda (kelas Crustacea, filum Arthropoda). Copepoda ialah krustasea holoplanktonik berukuran kecil yang mendominasi zooplankton di semua laut. Hewan-hewan kecil ini sangat penting artinya bagi ekonomi ekosistem-ekosistem bahari karena merupakan herbivora primer dalam laut (Nybakken, 1992, h. 41). Di antara zooplankton yang holoplanktonik, jumlah Protozoa lautan didominasi oleh ordo Foraminifera dan ordo Radiolaria. Radiolaria hanya terdapat di laut, sedangkan foraminifera hanya sebagian yang hidup di laut (Nybakken, 1992, h. 44).

Zooplankton merupakan organisme laut yang memainkan peran yang sangat penting dalam menopang rantai makanan di laut. Walaupun daya geraknya terbatas dan distribusinya ditentukan oleh keberadaan makanannya, zooplankton berperan pada tingkat energi yang kedua yang menghubungkan produsen utama (fitoplankton) dengan konsumen dalam tingkat makanan yang lebih tinggi. Peranan zooplankton sebagai konsumen pertama sangat berpengaruh dalam rantai makanan suatu ekosistem perairan (Handayani & Patria, 2005, h. 75).

Zooplankton dapat ditemukan mulai dari perairan pantai, perairan estuaria, muara sungai, danau, laut dalam, sampai di perairan samudera, dari wilayah perairan tropis hingga subtropis. Zooplankton dapat ditemukan pada semua kedalaman air karena mereka memiliki kemampuan bergerak meskipun sangat lemah, sehingga dapat membantu zooplankton untuk bergerak naik dan turun. Dalam banyak spesies zooplankton, suatu pergerakan tegak adalah biasa serta berirama, dan terjadi setiap hari. Bentuk yang berpindah ini hidup pada kedalaman tertentu selama siang hari, dan naik ke permukaan menjelang malam, serta tenggelam kembali ke kedalaman normal pada pagi hari (Michael, 1994, h. 209). Walaupun beberapa zooplankton dapat melakukan gerakan berenang yang aktif yang membantu mempertahankan posisi vertikal, zooplankton secara keseluruhan tidak dapat melawan arus air. (Odum, 1994, h. 374).

Jumlah jenis dan kepadatan zooplankton dalam suatu perairan laut lebih rendah bila dibandingkan dengan fitoplankton. Ukuran dari zooplankton ini sangatlah beragam, dari yang sangat renik sampai yang berdiameter lebih dari 1 cm. Sebagian hidup sebagai meroplankton dan sebagian lagi hidup sebagai holoplankton. Hampir semua zooplankton menghabiskan daur hidupnya dalam bentuk plankton (Suantika, 2007, h. 73).

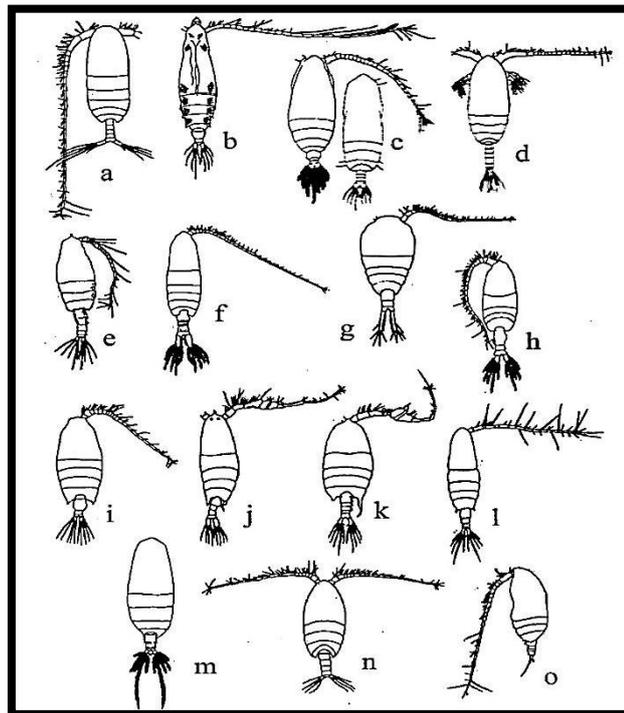
Perubahan lingkungan yang terjadi pada suatu perairan akan memengaruhi keberadaan zooplankton baik langsung atau tidak langsung. Lingkungan hidup zooplankton sangat bermacam-macam, hal tersebut sangat dipengaruhi oleh perubahan secara temporal seperti temperatur, nutrien yang ada di perairan dan cahaya yang masuk ke perairan (Amelia, Hasan, & Mulyani, 2012, h. 302).

Struktur komunitas dan pola penyebaran zooplankton dalam perairan dapat dipakai sebagai salah satu indikator biologi dalam menentukan perubahan kondisi perairan tersebut. Untuk mengkaji hal tersebut salah satu yang dapat dilakukan yaitu dengan mengetahui komposisi, kelimpahan, dan keanekaragaman zooplankton. Struktur komunitas zooplankton di suatu perairan ditentukan oleh kondisi lingkungan dan ketersediaan makanan. Apabila kondisi lingkungan sesuai dengan kebutuhan zooplankton maka akan terjadi proses pemangsaan fitoplankton oleh zooplankton (Handayani & Patria, 2005, h. 75).

2. Penggolongan Zooplankton

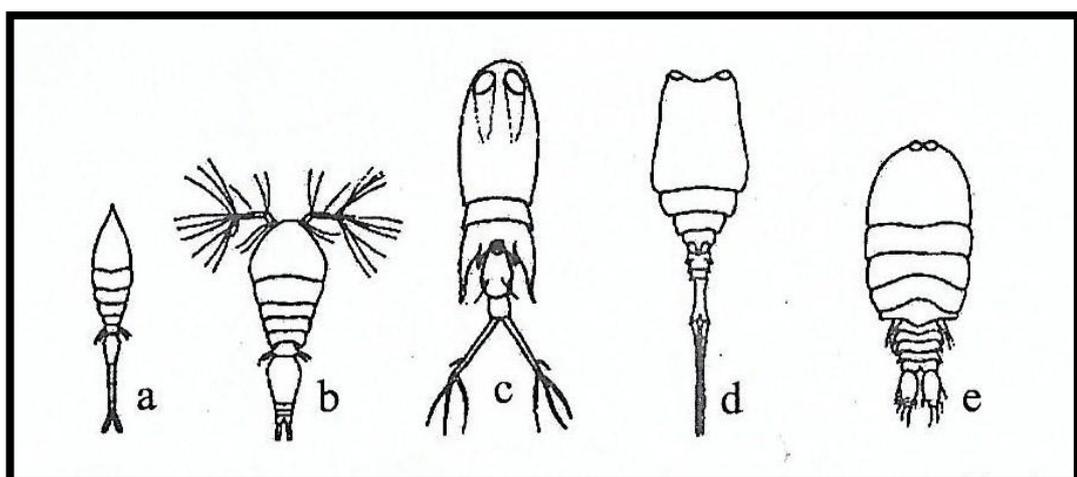
Ukuran zooplankton berkisar 0,2-2 mm, tetapi ada juga yang berukuran besar misalnya ubur-ubur yang bisa berukuran sampai lebih dari satu meter (Nontji, 2008, h. 13). Zooplankton bersifat heterotrofik, yakni tidak dapat menghasilkan sendiri bahan organik makanannya, sehingga kelangsungan hidupnya sangat bergantung kepada fitoplankton yang menjadi bahan makanannya (Nontji, 2008, h. 13). Zooplankton dapat ditemui mulai dari perairan pantai, perairan estuaria di muara sungai sampai di perairan samudra, dari perairan tropis hingga perairan kutub, dari permukaan hingga perairan dalam. Hampir semua hewan laut yang mampu berenang bebas (nekton) atau yang hidup di dasar laut (bentos) menjalani awal kehidupannya sebagai zooplankton (Nontji, 2008, h. 13).

Kelompok yang paling umum ditemui antara lain *Copepoda*, *Euphausid*, *Mysid*, *Amphipod*, *Chaetognath*. Beberapa contoh zooplankton seperti yang terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. 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. *Pontellopsi*; l. *Acartia*; m. *Undinula*; n. *Scolecithrix*; o. *Acrocalanus*.

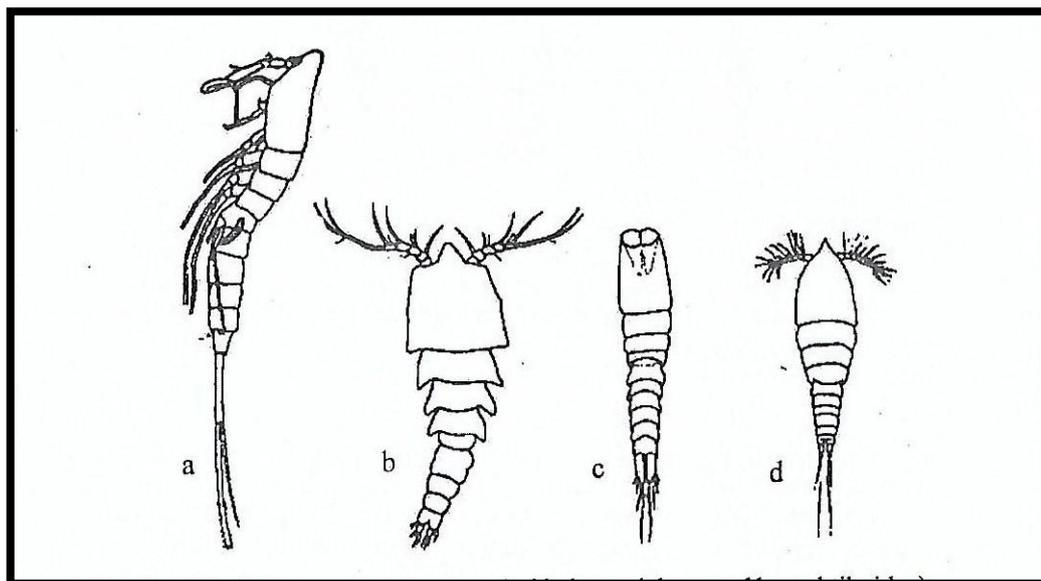
(Sumber: Yamaji, 1979 dalam Nontji, 2008, h. 133)



Gambar 2.2. Contoh Zooplankton Marga Copepoda Siklopoid.

a. *Oithona*; b. *Oncaea*; c. *Corycaeus*; d. *Copilia*; e. *Sapphirina*.

(Sumber: Wickstead, 1965 dalam Nontji, 2008, hal. 134)



Gambar 2.3. Contoh Zooplankton Marga Copepoda Harpaktikoida.

a. *Macrosetella*; b. *Clytemnestra*; c. *Micracia*; d. *Euterpina*.

(Sumber: Wickstead, 1965 dalam Nontji, 2008, hal. 135)

Organisme planktonik baik fitoplankton maupun zooplankton memiliki ukuran tubuh yang berbeda-beda. Penggolongan menurut Nybakken (1992, h. 36) penggolongan zooplankton berdasarkan ukuran tubuh adalah:

- a. Ultra nanoplankton, memiliki ukuran tubuh dibawah 2μ
- b. Nanoplankton, memiliki ukuran tubuh antara $2 - 20 \mu$
- c. Mikroplankton, memiliki ukuran tubuh antara $20 - 200 \mu$
- d. Mesoplankton, memiliki ukuran tubuh antara $200 - 2000 \mu$
- e. Megaplankton, memiliki ukuran tubuh diatas 2000μ

Diantara lima kelompok zooplankton diatas, kelompok zooplankton yang terdiri dari megaplankton, mesoplankton, dan mikroplankton biasanya dapat tertangkap oleh jaring-jaring plankton baku. Sedangkan, zooplankton dari

kelompok nanoplankton dan ultra nanoplankton tidak dapat tertangkap oleh jaring baku. (Nybakken, 1992. h. 37)

Zooplankton dapat ditemukan diberbagai habitat berair, sehingga zooplankton dapat digolongkan berdasarkan lingkungan dimana plankton ditemukan, diantaranya:

- a. Limnoplankton: zooplankton yang hidup di danau.
- b. Rheoplankton: zooplankton yang hidup di sungai.
- c. Haliplankton: zooplankton yang hidup di laut.
- d. Hypalmyplankton: zooplankton yang hidup di air tawar

Nontji (2008, h. 16) membagi plankton menjadi beberapa kelompok berdasarkan ukuran, daur hidup, sebaran vertikal dan sebaran horizontal, seperti uraian berikut:

a. Penggolongan berdasarkan ukuran

Berdasarkan ukurannya menurut Sieburth dkk. dalam Nontji (2008, h. 16-18) mengelompokkan plankton menjadi beberapa kelompok, yaitu sebagai berikut:

1) Megaplankton (20-200 cm)

Plankton yang termasuk dalam kelompok ini umumnya adalah ubur-ubur yang diameter payungnya bisa mencapai lebih dari satu meter. Contohnya ubur-ubur Schyphomedusa.

2) Makroplankton (2-20 cm)

Plankton yang termasuk ke dalam kelompok ini umumnya masih berupa larva. Contohnya adalah kelompok eusafid, sergestid dan pteropod.

3) Mesoplankton (0,2-20 mm)

Sebagian besar zooplankton berada dalam kelompok ini, seperti Copepoda, amfipod, ostrakod dan kaetognat, selain itu beberapa fitoplankton yang berukuran besar juga masuk dalam kelompok ini, seperti *Noticula*.

4) Mikroplankton (20-200 μm)

Plankton yang termasuk ke dalam kelompok ini umumnya adalah fitoplankton, seperti diatom dan dinoflageat.

5) Nanoplankton (2-20 μm)

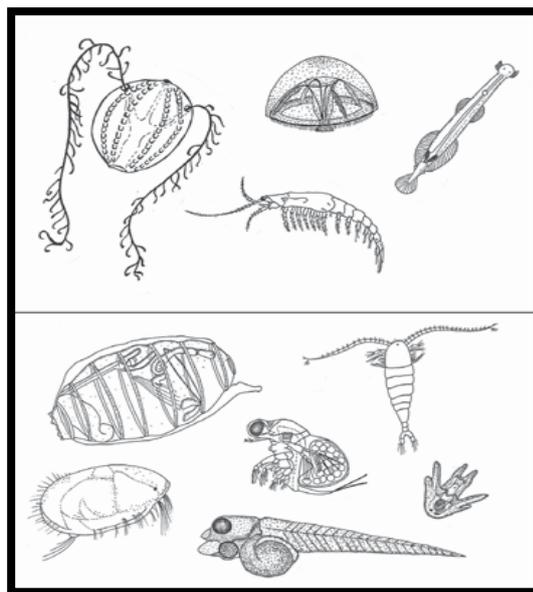
Kelompok plankton yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah kokolitoforid dan berbagai mikroflageat.

6) Pikoplankton (0,2-2 μm)

Plankton yang termasuk ke dalam kelompok ini umumnya adalah bakteri, termasuk sianobakteri seperti *Synechoccus*.

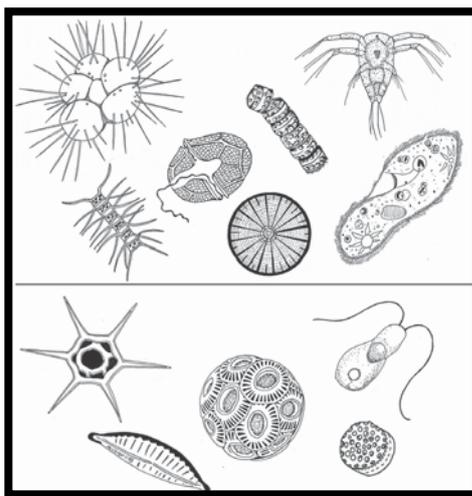
7) Femtoplankton (< 0,2 μm)

Plankton yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah virioplankton atau virus laut (*marine virus*).



Gambar 2.4. Contoh Tipe-Tipe Makroplankton (2–20 cm, gambar bagian atas, dari kiri ke kanan: ktenofora, krill, ubur-ubur, cacing panah) dan mesozooplankton (0.2–20 mm, gambar bagian bawah, dari kiri ke kanan: ostrakod, salp, larva ikan, kladoseran, Copepoda, larva bulu babi).

(Sumber: Suthers & Rissik, 2008, hal. 17).



Gambar 2.5. Contoh Tipe-Tipe Mikroplankton (20–200 μm , gambar bagian atas, dari kiri ke kanan: radiolaria, rantai diatom, armoured dinoflagellata, centric diatom, dinoflagellata, Nauplius (larva crustacean), ciliata) and tipe nano-plankton (2–20 μm , gambar bagian bawah, dari kiri ke kanan: silikoflagellata, pennata diatom, coccolithophore, flagellata, diatom).

(Sumber: Suthers & Rissik, 2008, hal. 17).

b. Penggolongan berdasarkan daur hidup

Berdasarkan daur hidupnya Nontji (2008, h. 18-19) mengelompokkan plankton menjadi beberapa kelompok, yaitu sebagai berikut:

1) Holoplankton

Holoplankton adalah kelompok plankton yang seluruh daur hidupnya dijalani sebagai plankton. Contohnya: Copepoda, amfipod dan kaetognat.

2) Meroplankton

Meroplankton adalah kelompok plankton yang hanya pada tahap awal daur hidupnya dijalani sebagai plankton, yakni pada tahap telur dan larva saja. Contohnya telur dan larva ikan.

3) Tikoplankton

Tikoplankton bukanlah plankton sejati, karena biota ini dalam keadaan normal hidup di dasar laut sebagai bentos. Namun arus air dan pasang surut menyebabkan ia terangkat dan lepas dari dasar dan kemudian terbawa arus dan mengembara sementara sebagai plankton. Contohnya beberapa jenis diatom (Bacillariophyceae).

c. Penggolongan berdasarkan sebaran horizontal

Berdasarkan sebaran horizontalnya Nontji (2008, h. 20-22) mengelompokkan plankton menjadi beberapa kelompok, diantaranya:

1) Plankton neritik

Plankton neritik hidup di perairan pantai dan payau dengan salinitas yang relatif rendah. Komposisi plankton neritik merupakan campuran plankton laut dan plankton perairan tawar. Contohnya: jenis Copepoda seperti, *Labidocera muranoi*.

2) Plankton Oseanik

Plankton oseanik hidup di perairan lepas pantai hingga ketengah samudra. Karena itu plankton oseanik ditemukan pada perairan yang bersalinitas tinggi. Luasnya lautan mengakibatkan banyaknya jenis plankton yang tergolong dalam kelompok plankton oseanik ini.

d. Penggolongan berdasarkan sebaran vertikal

Berdasarkan sebaran vertikalnya Nontji (2008, h. 22-26) mengelompokkan plankton menjadi beberapa kelompok, diantaranya :

1) Epiplankton

Epiplankton adalah plankton yang hidup di lapisan permukaan sampai kedalaman sekitar 100 m. Plankton semacam ini disebut neuston. Contohnya adalah *Trichodesmium*.

2) Mesoplankton

Mesoplankton adalah plankton yang hidup di lapisan tengah, pada kedalaman sekitar 100-400 m. Pada lapisan ini sulit dijumpai fitoplankton. Lapisan ini didominasi oleh zooplankton. Contohnya kelompok Copepoda seperti *Eucheuta marina* dan kelompok eusafid seperti *Thynasopoda*.

3) Hipoplankton

Hipoplankton adalah plankton yang hidup di kedalaman lebih dari 400 m. Kelompok plankton yang hidup pada lapisan ini adalah batiplankton dan abisoplankton. Contoh plankton yang hidup pada lapisan ini diantaranya kelompok eusafid seperti *Bentheuphausia ambylops*.

Cahaya merupakan faktor utama yang berperan dalam proses migrasi vertikal zooplankton. Cahaya berperan sebagai pemicu proses perpindahan. Migrasi vertikal merupakan respon dari cahaya. Zooplankton melakukan migrasi vertikal untuk menghindari predator, mencari dan memanfaatkan makanan dalam jumlah yang banyak, meningkatkan fekunditas dan meningkatkan pergerakan dan penyebaran dalam ekosistem (Asriyana & Yuliana, 2012, h. 158).

3. Adaptasi Zooplankton

Zooplankton umumnya mempunyai kemampuan bergerak atau berenang meskipun terbatas. Zooplankton seperti Copepoda dan Eufasid diperlengkapi dengan umbai-umbai yang digunakan sebagai kaki renang. Dengan kemampuan itu mereka dapat melakukan gerakan migrasi vertikal (Nontji, 2008, h. 49).

Dalam suatu percobaan dapat dibuktikan bahwa Copepoda yang tidak bergerak akan tenggelam juga, dengan kecepatan yang berbanding terbalik dengan ukuran panjangnya. Makin kecil makin lambat laju penenggelamannya. Meskipun demikian, banyak juga zooplankton yang mempunyai bentuk morfologi yang adaptif untuk menahan laju penenggelamannya (Nontji, 2008, h. 50).

Ada juga *Veella* yang mempunyai gelembung yang membuatnya dapat terapung dipermukaan. Ada yang mempunyai bentuk seperti payung seperti yang terdapat pada ubur-ubur, yang dalam tubuhnya juga terdapat banyak air yang membantu daya apungnya. Ada pula yang mempunyai umbai-umbai dan antenanya bercabang-cabang yang banyak terdapat pada Copepoda *Oithona sp.* Atau badannya berbentuk lebar dan pipih seperti Copepoda *Sapphirina* (Nontji, 2008, h. 50).

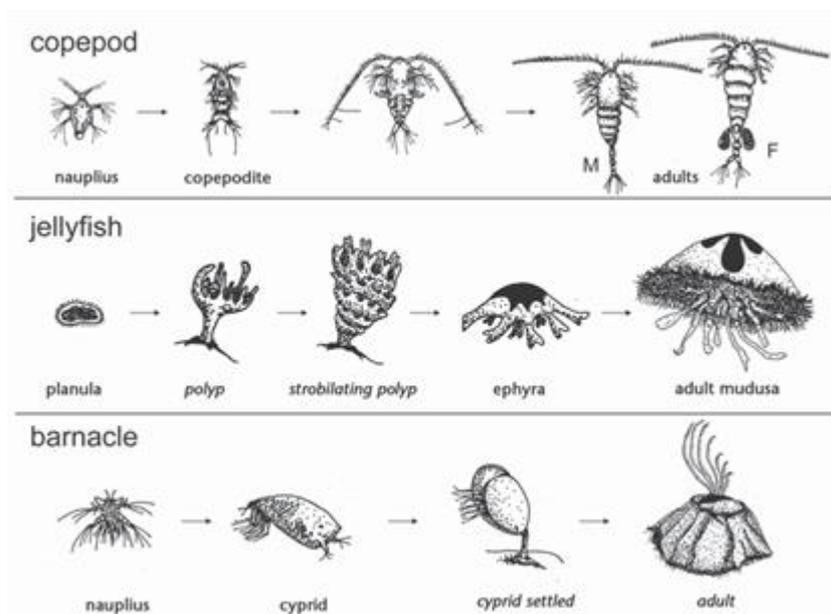
Kerapatan (massa per satuan volume) zooplankton lebih besar dibandingkan dengan air. Hal ini mengakibatkan setiap organisme zooplankton akan cenderung tenggelam, hal ini menjadi sesuatu yang merugikan bagi kelangsungan hidup zooplankton. Zooplankton tenggelam keluar dari wilayah-wilayah dimana banyak terdapat makanan, yaitu fitoplankton (Nybakken, 1992, h. 48). Distribusi zooplankton secara vertikal tergantung dari pergantian musim dan hubungan

keberadaan kelompok. Apabila perairan menjadi lebih dingin, maka zooplankton akan naik keatas karena lapisan ini miskin oksigen (Susanti, 2010, h. 10).

Ada faktor lingkungan yang juga ikut mempengaruhi daya apung zooplankton, yakni viskositas atau kekentalan air laut, yang bergantung dari suhu dan salinitas (kadar garam). Makin tinggi suhu air atau makin rendah salinitas akan menyebabkan viskositas menurun, dan menyebabkan zooplankton lebih mudah tenggelam. Untuk mengatasi itu maka ukuran zooplankton harus kecil untuk mempertahankan daya apungnya (Nontji, 2008, h. 51).

4. Siklus Hidup Zooplankton

Banyak zooplankton menghabiskan seluruh siklus hidup mereka sebagai plankton (misalnya, Copepoda, salps dan beberapa ubur-ubur) dan disebut holoplankton. Meroplankton sekitar beberapa waktu terdapat dalam jumlah yang berlimpah, terutama di perairan pantai, planktonik merupakan bagian dari kehidupannya (biasanya pada tahap larva) (Suthers & Rissik, 2008, hal. 23). Kebanyakan jika ada dalam bentuk dewasa, melayang selama beberapa hari dalam seminggu sebelum mereka bernetamorfosis menjadi benthik atau nekton. Contoh meroplankton yaitu larva bulu babi, bintang laut, Crustaceae, cacing laut dan sebagian besar ikan. Tahap kehidupan planktonik dan sesil dari beberapa jenis zooplankton umum ditunjukkan pada gambar 2.6 dan dijelaskan di bawah ini.



Gambar 2.6. Tahap Kehidupan Plankton (Tahap Larva Sampai Tahap Dewasa)

(Sumber: Suthers & Rissik, 2008, h. 24)

Siklus hidup Copepoda umum meliputi enam tahapan Nauplius (larva) dan lima tahap Copepoda (remaja) sebelum menjadi dewasa. Setiap tahap dipisahkan oleh proses molting dan sebagai perkembangan tahapan, batang Copepoda bersegmentasi. Jenis kelamin terpisah, sperma ditransfer dalam spermatofor dari jantan ke betina, dan telur tertutup dalam kantung sampai siap menetas. Waktu perkembangan dari telur hingga dewasa biasanya di urutan 2 sampai 6 minggu, secara signifikan dipengaruhi oleh suhu dan ketersediaan makanan. Rentang hidup plankton dewasa mungkin bertahan sekitar satu sampai beberapa bulan (Suthers & Rissik, 2008, hal. 24).

Barnakel juga memiliki tahap Nauplius yang dapat berenang secara bebas diperairan, diikuti dengan tahap cyprid, larva cyprid menetap di substrat yang keras dan memastikan tinggal di wilayah yang cocok untuk kelangsungan hidup barnakel dan untuk mendapatkan pasangan. Setelah menetap, cyprid melepaskan

zat ke substrat untuk dapat menempel permamen pada substrat. Suatu lapisan berkapur kemudian tumbuh dan mengelilingi tubuh. Organisme dewasa memiliki jenis kelamin yang hermaprodit (masing-masing dengan kedua bagian jantan dan betina) dan bereproduksi secara seksual oleh lintas fertilisasi. Dewasa menyimpan telur yang telah dibuahi di dalam suatu tempurung sampai mereka berkembang menjadi larva Nauplius. Lebih dari 10.000 larva dapat dilepaskan oleh satu organisme (Suthers & Rissik, 2008, hal. 24).

5. Pembentukan Biomassa Zooplankton

Pembentukan biomassa zooplankton ditentukan oleh jumlah substansi atau energi yang dapat dimanfaatkan oleh zooplankton berupa biomassa fitoplankton atau bakteri atau detritus organik. Banyaknya jumlah biomassa fitoplankton yang dimanfaatkan tersebut akan menentukan pertumbuhan dari zooplankton. Zooplankton memanfaatkan fitoplankton dalam jumlah yang cukup besar (Asriyana & Yuliana, 2012, hal. 162).

Pemanfaatan biomassa fitoplankton oleh zooplankton dilakukan melalui aktivitas *grazing*. Aktivitas makan dari zooplankton dilakukan melalui mekanisme filtrasi dan pemilihan makanan. Laju filtasi yang dilakukan oleh zooplankton terkait dengan ukuran tubuh, namun hal ini dapat bervariasi antar individu bergantung pada kondisi suhu dan konsentrasi makanan (Parson *et. al.*, 1984 dalam Asriyana & Yuliana, 2012, hal. 163). Secara umum laju filtrasi Copepoda terhadap mangsanya akan meningkat seiring dengan bertambahnya ukuran tubuh. Sementara beberapa penelitian menunjukkan bahwa jumlah volume air yang disaring akan menjadi lebih kecil pada saat konsentrasi makanan naik. Laju filtasi

zooplankton pada periode waktu tertentu dapat diukur sebagai penurunan konsentrasi sel fitoplankton pada periode waktu yang sama (Asriyana & Yuliana, 2012, hal. 163).

Pertumbuhan zooplankton tergantung pada fitoplankton, tetapi karena pertumbuhan zooplankton lebih lambat dari fitoplankton maka populasi maksimum zooplankton baru tercapai beberapa waktu setelah populasi maksimum fitoplankton berlalu. Basmi (1995, dalam Asriyana & Yuliana, 2012, hal. 163) menyatakan bahwa puncak populasi zooplankton lebih lambat dicapai dibandingkan fitoplankton karena tergantung pada reproduksi respon dari zooplankton atas peningkatan makanan yang tersedia. Reproduksi aseksual fitoplankton dapat membelah diri secara cepat, dan dapat meningkatkan ukuran populasinya lebih cepat dan lebih besar, sedangkan reproduksi seksual zooplankton lebih lambat sehingga populasi maksimum baru tercapai beberapa waktu setelah populasi maksimum fitoplankton berlalu (Asriyana & Yuliana, 2012, hal. 163).

H. Parameter Fisika-Kimia Perairan

Sejumlah parameter lingkungan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan jumlah zooplankton di lingkungan tersebut. Parameter lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan zooplankton, diantaranya suhu air, derajat keasaman (pH), salinitas air, kandungan zat organik serta kadar oksigen terlarut (*Dissolved oxygen* atau DO).

1. Suhu

Dalam setiap penelitian pada ekosistem air, pengukuran suhu air merupakan hal yang penting dilakukan. Hal ini disebabkan karena kelarutan berbagai jenis gas didalam air serta semua aktivitas biologis fisiologis didalam ekosistem air sangat dipengaruhi oleh temperatur. Pada suhu yang tinggi metabolisme dan pernafasan meningkat sehingga konsumsi oksigen juga mengalami peningkatan, maka perairan dengan suhu tinggi miskin akan oksigen (Susanti, 2010, h. 12).

Lapisan-lapisan suhu yang berbeda terdapat dalam habitat perairan, karena permukaan air meluas pada saat awal ia menjadi hangat. Perluasan ini mengurangi rapatannya, dan membuat permukaan air menjadi lebih ringan dari pada air dibawahnya, yang lebih dingin. Jadi air yang permukaannya hangat akan membanjir diatas air yang lebih dingin (Michael, 1994, h. 136). Di lautan, suhu bervariasi secara horizontal berdasarkan perbedaan posisi lintang dan bervariasi secara vertikal berdasarkan kedalaman (Suantika, 2007, h. 18).

Suhu merupakan faktor pembatas bagi organisme air. Hal ini akan mendorong plankton untuk melakukan migrasi pada kedalaman yang kaya akan oksigen. Kenaikan suhu sebesar 10°C (hanya pada kisaran temperatur yang masih ditolerir) akan meningkatkan laju metabolisme dari organisme sebesar 2–3 kali lipat. Lebih lanjut akibat meningkatnya laju metabolisme, akan menyebabkan konsumsi oksigen meningkat (Susanti, 2010, h. 12).

2. Derajat Keasaman (pH)

Skala pH digunakan untuk mengukur keasaman atau kebasaan air, dan bilangan tersebut menyatakan konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan

(Michael, 1994, h. 153). Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah larutan tersebut bersifat asam atau basa. Organisme air dapat hidup dalam suatu perairan yang mempunyai nilai pH netral dengan kisaran toleransi antara asam lemah sampai basa lemah. Menurut Welch (1952) dalam Susanti (2010) pH yang masih layak bagi kehidupan organisme perairan antara 6,6 sampai 8,5. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme air, termasuk zooplankton, karena dapat menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi.

3. Oksigen Terlarut/*Dissolve Oxygen* (DO)

Oksigen terlarut merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam ekosistem air, terutama sekali dibutuhkan untuk proses respirasi sebagian besar organisme air. Barus (2002) dalam Susanti (2010) menyatakan bahwa umumnya kelarutan oksigen di dalam air sangat terbatas dibandingkan kadar oksigen di udara, yang mempunyai konsentrasi sebanyak 21% volume, air hanya mampu menyerap oksigen sebanyak 1% volume. Kadar oksigen terlarut yang optimal untuk kehidupan plankton adalah lebih dari 3 mg/l. Oksigen terlarut di dalam air disebut keadaan aerob.

Jumlah oksigen yang terkandung dalam air bergantung pada daerah permukaan yang terkena suhu, dan konsentrasi garam. Banyaknya oksigen yang berasal dari tumbuhan hijau bergantung pada kerapatan tumbuhan, jangka waktu, dan intensitas sinar efektif. Dalam air tanpa gangguan vegetasi yang tebal, aktivitas fotosintesis tumbuhan menghasilkan pertambahan jumlah oksigen

terlarut, yang mencapai maksimum pada sore hari dan turun lagi pada malam hari (Michael, 1994, h. 168)

Menurut Barus (2002) dalam Susanti (2010) bahwa sumber utama oksigen terlarut dalam air adalah penyerapan oksigen dari udara melalui kontak antara permukaan air dengan udara dan dari proses fotosintesis. Oksigen terlarut digunakan zooplankton untuk respirasi, zooplankton akan cenderung mendekati daerah yang kaya akan oksigen terlarut. Kedalaman perairan berkaitan dengan suhu yang berpengaruh pada oksigen terlarut, sehingga pada kedalaman berbeda dan suhu berbeda maka tingkat oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh zooplankton juga berbeda.

4. Salinitas

Salinitas adalah semua garam yang terlarut dalam satuan per seribu (‰). Salinitas pada berbagai tempat di lautan terbuka yang jauh dari daerah pantai variasinya sempit, biasanya diantara 34-37‰, dengan rata-rata 35‰. Perbedaan salinitas terjadi karena perbedaan dalam penguapan dan presipitasi (Nybakken, 1992, h. 6). Salinitas dapat dikatakan sebagai jumlah konsentrasi garam sebagai bahan terlarut didalam satu liter air, biasanya menggunakan satuan permil (‰).

Kadar garam air di lingkungan memengaruhi keseimbangan air organisme melalui osmosis. Kebanyakan organisme akuatik hidup terbatas di habitat berair tawar atau berair asin karena memiliki kemampuan terbatas untuk berosmoregulasi (Campbell, dkk., 2010, h. 333).

Menurut teori, zat-zat garam tersebut berasal dari dalam dasar laut melalui proses *outgrassing*, yakni rembesan dari kulit bumi di dasar laut yang berbentuk

gas ke permukaan dasar laut. Bersama gas-gas ini, terlarut pula kikisan kerak bumi dan bersama-sama garam ini merembes pula air, semua dalam perbandingan yang tetap sehingga terbentuk garam di laut (Romihmotarto, 2009, h. 20).

Tabel 2.1. Perbedaan Kandungan Garam dan Ion Utama Air Laut dan Air Sungai

Nama Unsur	% Jumlah Berat Seluruh Garam	
	Air Laut	Air Sungai
Klorida (Cl ⁻)	55,04	5,68
Natrium (Na ⁺)	30,61	5,79
Sulfat (SO ₄ ⁻²)	7,68	12,14
Magnesium (Mg ⁺²)	3,69	3,41
Kalsium (Ca ⁺²)	1,16	20,39
Kalium (K ⁺)	1,10	2,12
Bikarbonat (HCO ₃ ⁻)	0,41	-
Karbonat (CO ₃ ⁻²)	-	35,15
Brom (Br ⁻)	0,19	-
Asam borak (H ₃ BO ₃)	0,07	-
Strontium (Sr ⁺²)	0,04	-
Flour (F)	0,00	-
Silika (SiO ₂)	-	11,67
Oksida (Fe ₂ O ₃ dan Al ₂ O ₃)	-	2,75
Nitrat (NO ₃ ⁻)	-	0,90

(Sumber: Romihmotarto, 2009, h. 21)

5. Kandungan Materi Organik (Nutrien)

Nutrien adalah semua unsur dan senyawa yang dibutuhkan oleh tumbuhan baik dalam bentuk material organik maupun anorganik. Nutrien utama yang dibutuhkan dalam jumlah besar adalah karbon, nitrogen, fosfor, oksigen, magnesium dan kalsium, sedangkan nutrien dibutuhkan dalam konsentrasi sangat kecil, yakni besi (Levinton, 1982 dalam Andriyansyah, 2013).

Menurut Nybakken (1992, h. 64) zat hara anorganik utama yang diperlukan fitoplankton untuk tumbuh dan berkembang ialah nitrogen dalam bentuk nitrat (NO_3^-) dan fosfor dalam bentuk fosfat (PO_4^{2-}). Kadar kedua unsur ini di dalam perairan sangat kecil, sehingga unsur-unsur ini menjadi faktor pembatas bagi produktivitas fitoplankton. Zat-zat hara lain, baik anorganik maupun organik tetap diperlukan oleh fitoplankton, akan tetapi dalam jumlah yang sedikit atau kecil, karena pengaruhnya terhadap produktivitas fitoplankton tidak sebesar nitrogen dan fosfor.

I. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian yang berkaitan, pernah dilakukan oleh Nurul Fitriya dan Muhammad Lukman pada tahun 2013 dengan judul “Struktur Komunitas Zooplankton di Perairan Lamalera dan Laut Sawu, Nusa Tenggara Timur”. Pada penelitian tersebut didapatkan hasil penelitian yang menunjukkan terdapat 45 taksa zooplankton yang didominasi oleh holoplankton Copepoda. Kelimpahan zooplankton di perairan Lamalera berkisar antara 491 - 4537 individu/ m^3 . Nilai indeks keanekaragaman dan pemerataan zooplankton rata-rata 1.59 ± 0.21 dan 0.50 ± 0.04 .

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Lusi Kusmeri dan Dewi Rosanti pada tahun 2015 mengenai Struktur Komunitas Zooplankton di Danau Opi Jakabaring Palembang, dengan menunjukkan hasil penelitian bahwa komposisi zooplankton pada danau OPI Jakabaring terdiri dari 10 spesies, yaitu *Cyclops* sp, *Brachionus falcatus*, *Keratella* sp, *Trichocerca longiseta*, *Nauplius* sp, *Philodina*

sp, *Alona* sp, *Diaptomus* sp, *Leydigia* sp dan *Bathynella morimolpi*. Kelimpahan total di tiga stasiun tertinggi dimiliki oleh species *Cyclops* sp, sebesar 10 ind/l. Indeks dominansi tertinggi memiliki nilai 0,206, sehingga dapat dikatakan tidak ada species yang mendominasi perairan danau. Keanekaragaman zooplankton di ketiga stasiun dikategorikan rendah dengan indeks keanekaragaman 0,136-0,212.

Penelitian lain dilakukan oleh Adriani Sri Nastiti dan Sri Turni Hartati yang dilaksanakan pada tahun 2013 dengan judul penelitian “Struktur Komunitas Plankton dan Kondisi Lingkungan Perairan di Teluk Jakarta” menunjukkan bahwa fitoplankton yang ditemukan 5 kelas meliputi: Cyanophyceae (6 spesies), Chlorophyceae (4 spesies), Bacillariophyceae (37 spesies), Dinophyceae (14 spesies) dan Euglenophyceae (1 spesies). Zooplankton yang ditemukan 10 kelas meliputi : Crustacea (16 spesies), Holothuroidea (3 spesies), Ciliata (5 spesies), Sagittoidea (2 spesies), Sarcodina (3 spesies), Rotatoria (4 spesies), Echinodermata (1 spesies), Polychaeta (1 spesies), Urochordata (1 spesies) dan Hydrozoa (1 spesies). Kelimpahan fitoplankton berkisar antara 1.587.086 - 3.799.799 sel/l. Kelimpahan zooplankton berkisar antara 922.010 - 3.834.261 ind/l. Indeks keanekaragaman (=H) fitoplankton berkisar antara 1,74 – 3,64; indeks dominansi (=D) berkisar antara 0,04-0,40 dan indeks keseragaman (=E) berkisar antara 0,08-0,34. Indeks biologi zooplankton menunjukkan nilai (=H) berkisar antara 0,22-3,70; nilai (=D) berkisar antara 0,18-0,79; dan nilai (=E) berkisar antara 0,01-0,37. Suhu air berkisar antara 29,5- 31,6°C, pH berkisar antara 4,96-7,38 dan salinitas berkisar antara 12,0-31,5 ‰. Teluk Jakarta diindikasikan mengalami tekanan lingkungan sehingga hanya beberapa spesies

plankton mampu beradaptasi, yaitu dari kelas Bacillariophyceae (*Chaetoceros sp.*) dan Crustaceae (*Calanus sp* dan *Acartia sp.*)

Ada juga penelitian lain yang dilakukan oleh Andriyansyah pada tahun 2013 mengenai Kelimpahan dan Keanekaragaman Plankton di Perairan Wana Wisata Hutan Mangrove Tritih, Cilacap, Jawa Tengah yang bertujuan untuk mendapatkan informasi secara kuantitatif mengenai nilai kelimpahan dan keanekaragaman plankton di Perairan Wana Wisata Hutan Mangrove Tritih, Kelurahan Tritih Kulon, Kecamatan Cilacap Utara, Cilacap, Jawa Tengah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan fitoplankton berkisar antara 569-1444 sel/m³ dan kelimpahan zooplankton berkisar antara 157-943 ind/m³. Komposisi jenis fitoplankton yang didapat 12 jenis yang termasuk dalam 4 kelas yaitu Bacillariophyceae (5 jenis), Coscinodiscophyceae (3 jenis), Cyanophyceae (3 jenis) dan Ulvophyceae (1 jenis). Sementara itu komposisi jenis zooplankton yang didapat 6 jenis yang termasuk dalam kelas Cystacea. Indeks keanekaragaman (H') fitoplankton berkisar antara 1,608 – 2,867 dan indeks keanekaragaman (H) zooplankton berkisar antara 1,285 – 1,692, kisaran nilai indeks keanekaragaman (H') fitoplankton dan zooplankton menunjukkan bahwa perairan Wana Wisata Hutan Mangrove Tritih memiliki keanekaragaman jenis sedang dan kestabilan komunitas yang cukup stabil.

J. Keterkaitan Penelitian dengan Kegiatan Pembelajaran Biologi

Pada kegiatan penelitian mengenai kelimpahan dan keanekaragaman zooplankton, terdapat keterkaitan terhadap kegiatan pembelajaran pada mata

pelajaran Biologi. Zooplankton termasuk kedalam kelompok kingdom Animalia, kingdom Animalia terbagi menjadi hewan invertebrata dan hewan vertebrata. Hewan invertebrata adalah hewan yang tidak mempunyai tulang belakang, sedangkan hewan vertebrata adalah hewan yang mempunyai tulang belakang. Hewan invertebrata terbagi menjadi delapan filum, yaitu: *Porifera*, *Coelenterata*, *Platyhelminthes*, *Nemathelminthes*, *Annelida*, *Mollusca*, *Arthropoda*, dan *Echinodermata*. Zooplankton masuk kedalam kelompok hewan invertebrata khususnya filum *Arthropoda*. Pada kegiatan pembelajaran, siswa diharapkan mampu menjelaskan mengenai zooplankton, seperti ciri-ciri morfologinya, klasifikasi, serta peranannya. Pada kegiatan praktikum siswa ditugaskan mengidentifikasi zooplankton berdasarkan struktur morfologinya. Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa manfaat penelitian dalam pembelajaran biologi yaitu dapat membantu dalam mengaplikasikan salah satu kompetensi dasar dalam pembelajaran biologi pada bahasan mengenai hewan invertebrata.

K. Analisis Kompetensi Dasar (KD) Pada Pembelajaran Biologi

Penelitian mengenai kelimpahan dan keanekaragaman zooplankton berkaitan dengan salah satu kompetensi dasar di dalam kurikulum 2013, yakni terdapat pada KD 3.8 mengenai “Menerapkan prinsip klasifikasi untuk menggolongkan hewan ke dalam filum berdasarkan pengamatan anatomi dan morfologi serta mengaitkan peranannya dalam kehidupan” guna memperdalam pemahaman materi secara kognitif. Dalam penelitian ini, fokus yang menjadi objek penelitiannya adalah zooplankton. Seperti yang kita ketahui, zooplankton merupakan makhluk hidup

mikroskopis yang masuk kedalam kelompok hewan invertebrata yang hidup mengapung di perairan. Filum hewan yang termasuk kedalam kelompok zooplankton adalah *Arthropoda*, *Mollusca*, dan *Ciliata*.