

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Waduk

Waduk merupakan perairan air tawar dibuat oleh manusia dengan teknik membendung suatu sungai dengan berbagai peruntukan seperti irigasi sawah, pengendali banjir, PLTA, kegiatan perikanan seperti perikanan tangkap dan perikanan budidaya seperti adanya keramba dan bahkan untuk aktivitas pariwisata di waduk (Apridayanti, 2008).

Menurut Apridayanti (2008), berdasarkan fungsinya waduk digolongkan menjadi dua jenis antara lain:

1. Waduk eka guna (*single purpose*)

Waduk eka guna yaitu waduk yang memiliki hanya satu fungsi sebagai peruntukannya, sebagai contohnya untuk kebutuhan suplai air irigasi, air baku atau pembangkit listrik. Pengoperasian waduk eka guna lebih mudah dibanding waduk multi guna dikarenakan tidak adanya konflik kepentingan dalam pengoperasian yang dilakukan hanya mempertimbangkan pemenuhan satu kebutuhan.

2. Waduk multiguna (*multi purpose*)

Waduk multi guna merupakan waduk yang dioperasikan untuk memenuhi berbagai kebutuhan yang lebih dari satu, misalnya waduk yang difungsikan sebagai pemenuhan kebutuhan air, irigasi, air baku, pembangkit listrik. Kombinasi dari semua kebutuhan ini bertujuan untuk dapat memaksimalkan fungsi waduk dan menaikkan kelayakan pembangunan waduk.

2.2 Budidaya Perikanan Sistem Keramba Jaring Apung (KJA)

Keramba jaring apung adalah wadah budidaya ikan terbuat dari jaring yang berbentuk segi empat, diapungkan dalam permukaan air menggunakan pelampung dan rakitan kayu, bambu, atau besi, serta alat penjangkaran. Lokasi yang digunakan bagi usaha budidaya ikan dalam KJA harus tenang, terhindar dari angin kencang dan terjangkau. Ikan yang dibudidayakan bervariasi mulai dari jenis ikan kakap, sampai ikan baronang. Keramba ini juga merupakan proses yang mudah untuk mengubah nelayan kecil konvensional menjadi pengusaha agribisnis budidaya perikanan. Budidaya perikanan pada perairan waduk disebabkan karena waduk memiliki sifat terbuka dan milik bersama sehingga perkembangan aktivitas di perairan semakin meningkat tiap tahunnya seperti budidaya (Syahrul, 2018).

Menurut Syahruczal (2018), KJA merupakan salah satu metode budidaya ikan kurungan dan terdiri atas 4 pola dasar pemeliharaan ikan, seperti:

- 1) kurung tancap, bentuk kurungan ikan dengan peletakannya memakai tiang-tiang pancang dan ditancapkan ke perairan dasar.
- 2) kurungan terendam, bentuk kurungan ikan yang terendam didalam secara keseluruhan dan menggantung ke pelampung atau rangka apung.
- 3) kurungan lepas dasar, rangkanya terbuat dari kayu kotak atau bambu kemudian diletakan pada dasar air yang memiliki aliran deras, dan diberi pemberat atau jangkar.
- 4) Keramba jaring apung, jaring kurung apungnya terikat pada suatu rangka dengan disukung oleh pelampung-pelampung.

Usaha budidaya perikanan ini dengan menggunakan teknik keramba jaring apung lebih efektif dari sudut pandng biaya daripada teknik tambak pada kawasan perairan tertutup yang bersifat tetap dan rentan dari konflik perebutan lahan. Selain itu KJA tergolong alat produksi yang luwes, karena bila tidak beroperasi KJA dapat didaratkan untuk keamanan dan pemeliharaan.

Beban pencemaran air pada waduk saat ini telah meningkat oleh perkembangan budidaya perikanan keramba (KJA), untuk itu diperlukan cara menghitung daya tampung beban pencemaran air dan alokasi beban pencemaran air akibat limbah pakankyang berasal dari sisa pakan yang terbuang dan dari tinja ikan (PerMenNeg LH No. 28 Th. 2009).

2.3 Pencemaran Air

Pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga mutu air menurun hingga tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya (PerMenNeg LH No. 01 Pasal 1, 2010).

Pencemaran air berdampak bagi organisme dan tanaman di dalam badan air. Dalam banyak kasus, efek ini merusak tidak hanya populasi dan spesies inividu namun juga komunitas biologi alami. Pencemaran air merupakan masalah global yang memerlukan evaluasi segera serta kebijakan sumber air pada semua level.

Sumber pencemar air berasal dari kegiatan domestik, industry, pertanian, kegiatan peternakan dan pemanfaatan limbah ternak. Sumber utama pencemar air yang berkaitan dengan kegiatan pertanian adalah:

- 1) Penggunaan pestisida, herbisida, dan fungisida.
- 2) Penggunaan pupuk kimia yang berlebihan.
- 3) Penggunaan pupuk

Menurut PerMenNeg LH No. 01 2010, Kandungan nutrisi dalam pupuk menyebabkan proses eutrofikasi pada air permukaan. Nitrogen dan fosfat yang terbawa menuju air permukaan menyebabkan eutrofikasi pada danau, sungai, dan waduk. Pestisida, herbisida, dan senyawa agrokimia lainnya (khususnya jenis organoklorin) yang terbawa angin atau air dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi zat beracun dalam air permukaan dan tanah. Pencemaran air yang sangat buruk sering berasal dari pembuangan limbah organik (padatan, bahan organik yang menyebabkan kebutuhan oksigen meningkat dan mikroorganisme) yang dihasilkan dari proses pemanenan hasil pertanian atau limbah peternakan. Pencemaran air yang ditimbulkan dari kegiatan pertanian dikategorikan sebagai sumber pencemar air tak tentu karena berasal dari kumpulan beberapa kegiatan individual secara periodik dan jumlahnya terlalu banyak untuk diidentifikasi sebagai sumber-sumber pencemar air tertentu dalam inventarisasi. Kegiatan-kegiatan ini meliputi penggunaan senyawa agrokimia dan pemupukan/ perabukan. Kegiatan pertanian sebagai sumber pencemar air tak tentu memberikan kontribusi yang berarti pada pencemar air secara nasional, khususnya di daerah-daerah yang menggunakan senyawa agrokimia dan teknik produksi pertanian modern secara luas.

2.4 Eutrofikasi

Eutrofikasi adalah proses pengkayaan perairan, terutama oleh nitrogen dan fosfor, tetapi juga elemen lainnya seperti silikon, potassium, calcium dan mangan yang menyebabkan pertumbuhan tidak terkontrol dari tumbuhan air yang dikenal dengan istilah *blooming* (Welch & Lindell 1992 dalam Retnaningsih 2010).

Sedangkan menurut Effendi (2017), eutrofikasi didefinisikan sebagai pengayaan air dengan nutrisi/ unsur hara berupa bahan anorganik yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan mengakibatkan terjadinya peningkatan produktivitas primer perairan. Nutrien yang dimaksud adalah nitrogen dan fosfor. Beberapa elemen (misalnya silikon, mangan, dan vitamin) merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan alga. Akan tetapi, elemen-elemen tersebut tidak dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi meskipun memasuki badan air dalam jumlah yang cukup banyak. Hanya elemen tertentu misalnya N dan P, yang dapat menyebabkan perairan mengalami eutrofikasi (Mason (1993) dalam Effendi (2017)).

Pada sebagian besar waduk, fosfor menjadi faktor pembatas karena keberadaannya yang relatif sedikit dibandingkan dengan banyaknya organisme akuatik yang memerlukannya. Peningkatan kadar fosfor akan mengakibatkan peningkatan produktivitas perairan. Jika rasio N dan P lebih besar dari 16: 1 maka fosfor menjadi faktor pembatas,

sebaliknya jika rasio N dan P lebih kecil dari 16: 1, nitrogen menjadi faktor pembatas (Mason (1993) dalam Effendi (2017)). Pengaruh eutrofikasi terhadap perairan ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.1
Pengaruh Dan Permasalahan Akibat Eutrofikasi Pada Perairan

Pengaruh
1) Biomassa tumbuhan dan hewan akuatik meningkat.
2) Keekeruhan meningkat
3) Kecepatan sedimentasi meningkat dan memperpendek umur perairan
4) Terbentuk kondisi anoksik
Permasalahan
1) Pengolahan air untuk pemanfaatan waduk mengalami kesulitan
2) Kualitas air berkurang
3) Keindahan air berkurang, terutama perairan yang diperuntukan bagi kepentingan rekreasi.
4) Peningkatan kepadatan vegetasi akuatik menghambat aliran air dengan kegiatan navigasi
5) Ikan-ikan akan mati

Sumber: Mason (1993) dalam Effendi (2017)

2.5 Status Trofik

Status trofik perairan dapat diindikasikan oleh produktivitas primer perairan yang berhubungan sangat erat dengan kandungan klorofil fitoplankton. Semakin tinggi pasokan nutrisi ke perairan akan meningkatkan produktivitas primernya. Besarnya produktivitas primer fitoplankton merupakan ukuran kualitas suatu perairan. Semakin tinggi produktivitas primer fitoplankton suatu perairan semakin besar pula daya dukungnya bagi kehidupan komunitas penghuninya, sebaliknya produktivitas primer fitoplankton yang rendah menunjukkan daya dukung yang rendah pula (Retnaningsih dkk, 2010).

Status trofik menunjukkan adanya beban limbah unsur hara yang masuk ke waduk. Kondisi kualitas air danau dan waduk diklasifikasikan berdasarkan status proses eutrofikasi yang disebabkan adanya peningkatan kadar unsur hara dalam perairan waduk. Faktor pembatas sebagai penentu eutrofikasi adalah zat unsur hara fosfor (P) dan nitrogen (N). pada umumnya rata-rata tumbuhan air dapat mengandung nitrogen dan fosfor masing-masing 0,7% dan 0,09% dari berat basah tumbuhan tersebut. Fosfor membatasi proses eutrofikasi jika kadar nitrogen melebihi dari delapan kali kadar fosfor, sementara

nitrogen membatasi proses eutrofikasi jika kadar nitrogen kurang dari depan kali kadar fosfor (UNEP IETC/ILEC, 2001 dalam PerMenNeg LH No. 28 Th. 2009). Klorofil-a adalah pigmen tumbuhan hijau yang diperlukan dalam melakukan fotosintesis. Parameter klorofil-a tersebut mengidentifikasi kadar biomassa alga di perairan dengan perkiraan rata-rata beratnya adalah 1% dari alga (PerMenNeg LH No. 28 Th. 2009).

Menurut PerMenNeg LH No. 28 Th. 2009, eutrofikasi disebabkan oleh peningkatan kadar unsur hara dalam air terutama parameter nitrogen (N) dan fosfor (P) pada air waduk. Eutrofikasi diklasifikasikan dalam empat kategori status trofik meliputi:

- 1) Oligotrof merupakan status trofik air waduk yang mengandung unsur hara dalam perairan waduk dengan kadar rendah, status ini menunjukkan kualitas air masih bersifat alamiah belum tercemar terhadap sumber unsur hara nitrogen dan fosfor.
- 2) Mesotrof merupakan status trofik air waduk yang mengandung unsur hara dalam perairan waduk dengan kadar sedang, status ini menunjukkan adanya peningkatan kadar nitrogen (N) dan fosfor (P) namun masih dalam batas toleransi karena belum menunjukkan adanya indikasi pencemaran.
- 3) Eutrof merupakan status trofik air waduk yang mengandung unsur hara dalam perairan waduk dengan kadar tinggi, status ini menunjukkan air telah tercemar oleh peningkatan kadar nitrogen (N) dan fosfor (P).
- 4) Hipereutrof merupakan status trofik air waduk yang mengandung unsur hara dalam perairan waduk dengan kadar sangat tinggi, status ini menunjukkan air telah tercemar berat oleh peningkatan kadar nitrogen (N) dan fosfor (P).

Penentuan empat parameter tersebut berdasarkan adanya keterkaitan yang erat dari parameter parameter tersebut, dimana unsur pencemar yang masuk ke perairan waduk yang berupa fosfor akan menyebabkan terjadinya pertumbuhan fitoplankton dalam perairan tersebut yang ditandai dengan terdapatnya konsentrasi klorofil-a, akibat lebih lanjut dengan adanya kepadatan klorofil-a tersebut dapat menyebabkan terhambatnya cahaya yang masuk kedalam kolom perairan waduk yang ditandai dengan semakin menurunnya kecerahan perairan waduk.

Tabel 2.2

Kriteria Status Trofik Danau atau Waduk

Status Trofik	Kadar rata-rata total N (mg/l)	Kadar rata-rata total P (mg/l)	Kadar rata-rata klorofil-a (mg/l)	Kecerahan rata-rata (m)
Oligotrof	≤ 650	< 10	< 2.0	≥ 10

Lanjutan Tabel 2.2
Kriteria Status Trofik Danau atau Waduk

Status Trofik	Kadar rata-rata total N (mg/l)	Kadar rata-rata total P (mg/l)	Kadar rata-rata klorofil-a (mg/l)	Kecerahan rata-rata (m)
Mesotrof	≤ 750	< 30	< 5.0	≥ 4
Eutrof	≤ 1900	< 100	< 15	$\geq 2,5$
Hipereutrof	≤ 1900	≥ 100	≥ 200	$< 2,5$

Sumber: OECD 1982, MAB 1989, UNEP ILEC 2001 dalam PerMenNeg LH No.28 Th. 2009

Tabel 2.3
Karakteristik Status Trofik Perairan

Status Trofik	Karakteristik
Oligotrof	Air jernih, oksigen pada lapisan hypolimnion ada sepanjang tahun. Lapisan hypolimnion pada waduk dangkal kemungkinan bersifat <i>anoxic</i> (kehabisan oksigen terlarut)
Mesotrof	Air masih jernih, sifat <i>anoxic</i> pada lapisan hypolimnion berpotensi meningkat sepanjang kemarau.
Eutrof	Pada lapisan hypolimnion waduk ini bersifat <i>anoxic</i> , timbulnya masalah <i>macrophyte</i> (tumbuhnya tanaman air) Jenis <i>blue green algae</i> mendominasi perairan, timbulnya <i>algae scums</i> dan <i>macrophyte</i> .
Hipereutrof	Produktivitas perairan menurun karena terbatasnya cahaya matahari yang masuk, masih terdapat fenomena <i>macrophyte</i> , timbulnya <i>algae scums</i>

Sumber: Carlson & Simpson, 1996 dalam Effendi 2017

1) Perairan Waduk Oligotrof

Oligotrof secara etimologi adalah perairan yang memiliki kandungan nutrient yang sedikit. Sedangkan secara geologis perairan oligotrof yaitu tergolong golongan perairan yang muda, karena perairan yang berada pada tahap baru atau awal suksesinya ini adalah perairan waduk yang baru terbentuk baik secara tektonis, glasier, vulkanis maupun unsur pembentuk lainnya. Secara fisik dan biologis, karakteristik perairan waduk oligotrof antara lain: kondisi perairannya dalam dengan zona hipolimnion yang lebih besar dibanding zona epilimnion. Hal ini disebabkan karena kondisi perairan waduk oligotrof yang sangat jernih dengan kandungan oksigen terlarut dalam air sangat tinggi akibat dari sedikitnya materi organik dan anorganik yang terlarut dalam air tinggi akibat dari sedikitnya materi organik dan anorganik yang terlarut. Karena jernihnya perairan waduk ini maka sinar matahari dapat

dengan mudah menembus ke dalam air dan di pantulkan kembali ke permukaan sehingga airnya menjadi dingin.

Rendahnya kandungan unsur hara pada suatu perairan danau akan dapat mengakibatkan rendahnya produktifitas waduk tersebut, seperti sangat jarang nya keberhasilan tanaman literal, dan rendahnya densitas plankton walaupun jumlah jenis yang ditemukannya besar. Rendahnya kandungan unsur hara seperti nitrogen, fosfor dan kalsium pada waduk oligotrof disebabkan karena masih mudanya waduk tersebut sehingga jumlah unsur hara yang terakumulasi dari beban masukan sungai dan lingkungannya masih sangat sedikit, dan umumnya organisme yang toleran terhadap kandungan nutrisi yang rendah dan oksigen yang tinggi (Effendi, 2017).

2) Perairan Waduk Mesotrof

Suatu danau sebelum memasuki status mesotrof mengalami fase status oligotrof. Pada fase mesotrof waduk baru mengalami tahap awal pengkayaan unsur hara dan dinamakan waduk mesotrof. Dengan meningkatnya kandungan nutrisi seperti nitrogen (N), fosfor (P) dan kalsium (K) dalam perairan tersebut akan terjadi juga peningkatan aktivitas biologi di perairan. Organisme seperti ganggang, fitoplankton, zooplankton dan sampah organik dan anorganik makin tertumpuk di permukaan air sehingga kecerahan air semakin turun dan semakin keruh. Laju pemupukan bahan organik ini kemudian relative naik semakin cepat (Effendi, 2017).

Semakin keruhnya air waduk mengakibatkan sinar matahari tidak dapat menembus ke dalam perairan waduk seperti sebelumnya, sehingga proses fotosintesis dalam perairan itu makin lama semakin terbatas pada permukaan air. Dengan meningkatnya total kegiatan biologi dalam perairan waduk maka jumlah sampah organik meningkat. Pada awalnya sampah ini mengapung di perairan waduk tetapi kemudian tenggelam ke dasar waduk sehingga air waduk tersebut semakin lama akan semakin dangkal oleh pengendapan. Proses pendangkalan ini biasanya terjadi pada tepi waduk sehingga waduk oligotrof berubah menjadi mesotrof.. Karakteristik lain dari perairan waduk mesotrof adalah airnya cukup jernih dan kandungan unsur haranya sedang (Effendi, 2017).

3) Perairan Waduk Eutrof

Perairan danau atau waduk eutrof adalah tipe waduk yang telah mengalami proses pengkayaan bahan organik dan anorganik (nutrien). *Eu* dalam Bahasa Yunani yang artinya lebar, luas, atau banyak, sehingga waduk eutrof berarti waduk yang kandungan makanannya banyak. Danau eutrof (nutriennya tinggi) merupakan danau yang memiliki perairan dangkal,

tumbuhan litoral melimpah, kepadatan plankton lebih tinggi, sering terjadi *blooming algae* dengan tingkat penetrasi cahaya matahari umumnya rendah.

4) Perairan Waduk Hipereutrof

Status trofika air waduk yang mengandung nutrisi dengan kadar sangat tinggi, status ini menunjukkan air tercemar berat oleh peningkatan kadar nitrogen dan fosfor. Kondisi air pada status trofik hipereutrof yang airnya keruh dan seringkali terjadi *algae bloom*.

2.6 Parameter Kimia Kualitas Air

Kandungan bahan kimia yang terdapat di dalam perairan waduk menentukan tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan. Semakin besar zat kimia yang terkandung maka semakin terbatas pada penggunaan air tersebut, serta parameter kimia dapat menentukan tingkat status trofik atau kesuburan di perairan, bahan kimia yang mempengaruhi status trofik diantaranya adalah sebagai berikut:

2.6.1 Nitrogen

Menurut Effendi (2017), nitrogen dan senyawanya tersebar secara luas dalam biosfer. Lapisan atmosfer bumi mengandung sekitar 78% gas nitrogen. Batuan juga mengandung nitrogen. Pada tumbuhan dan hewan, senyawa nitrogen ditemukan sebagai penyusun protein dan klorofil.

Sumber utama nitrogen antropogenik di perairan berasal dari wilayah yang menggunakan pupuk secara intensif dari kegiatan domestik. Meskipun beberapa organisme akuatik dapat memanfaatkan nitrogen dalam bentuk gas, akan tetapi sumber utama nitrogen di perairan tidak terdapat dalam bentuk gas. Di perairan, nitrogen berupa nitrogen anorganik dan nitrogen organik. Nitrogen anorganik terdiri ammonia (NH_3), ammonium (NH_4), nitrat (NO_3), dan molekul nitrogen (N_2) dalam bentuk gas. Nitrogen organik dalam bentuk protein, asam amino, dan urea. Bentuk-bentuk nitrogen tersebut mengalami transformasi sebagai bagian dari siklus nitrogen. Transformasi nitrogen dapat melibatkan ataupun tidak melibatkan makrobiologi. Adapun transformasi nitrogen mikrobiologi mencakup hal-hal sebagai berikut:

- a) Asimilasi nitrogen anorganik (ammonia dan nitrat) oleh tumbuhan dan mikroorganisme untuk membentuk nitrogen organik, misalnya asam amino dan protein. Di perairan proses ini terutama dilakukan oleh bakteri autotrof dan tumbuhan.
- b) Fiksasi gas nitrogen menjadi ammonia dan nitrogen organik oleh mikroorganisme. Fiksasi gas nitrogen secara langsung dapat dilakukan oleh beberapa alga dan bakteri serta zooplankton yang berada pada perairan waduk.

- c) Nitrifikasi, yaitu oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat. Proses oksidasi ini dilakukan oleh bakteri aerob. Nitrifikasi berjalan secara optimum pada pH 8 dan pada pH kurang dari 7.
- d) Amonifikasi nitrogen organik untuk menghasilkan amonia selama proses dekomposisi bahan organik. Proses ini banyak dilakukan oleh mikroba dan jamur. Autolysis (pecahnya) sel dan ekskresi ammonia oleh zooplankton dan ikan juga berperan sebagai pemasok ammonia.
- e) Denitrifikasi, yaitu reduksi nitrat menjadi nitrit (NO_2), dinitrogen oksida (N_2O) dan molekul nitrogen N_2 . Proses reduksi nitrat berjalan optimum pada kondisi anoksik (tidak ada oksigen). Proses ini juga melibatkan bakteri dan jamur.

Sedangkan untuk senyawa nitrogen yang terdapat di perairan waduk antara lain:

2.6.1.1 Amonia

Menurut Effendi (2017), amonia (NH_3) dan garam garamnya bersifat mudah larut dalam air. Ion ammonium adalah bentuk transisi dari amonia. Amonia banyak digunakan dalam proses produksi urea, industri bahan kimia (asam nitrat, ammonium, fosfat, ammonium nitrat, dan ammonium sulfat), serta industri bubur kertas, dan kertas (*pulp and paper*). Sumber amonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba dan jamur. Proses ini dikenal dengan istilah amonifikasi yang ditunjukkan dalam persamaan reaksi berikut :



Amonifikasi

Nitrifikasi

Reduksi nitrat (denitrifikasi) oleh aktivitas mikroba pada kondisi anaerob, yang merupakan proses yang bisa terjadi pada pengolahan limbah, juga menghasilkan gas amonia dan gas gas lainnya, misalnya N_2O , NO_2 , NO_3 , dan N_2 (Novotny dan Olem, 1994 dalam Effendi 2017).

Tinja dari biota akuatik yang merupakan limbah aktivitas metabolisme juga banyak mengeluarkan amonia. Sumber amonia yang lain adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, limbah industri dan domestik. Amonia yang terdapat dalam mineral masuk ke badan air melalui erosi tanah. Di perairan alami, pada suhu dan tekanan normal amonia berada dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan gas ammonium. Selain terdapat dalam bentuk gas, amonia membentuk kompleks dengan beberapa ion logam. Amonia juga terserap ke dalam bahan-bahan tersuspensi dan koloid

sehingga mengendap di dasar perairan. Amonia di perairan dapat menghilang melalui proses volatilisasi karena tekanan parsial amonia dalam larutan meningkat dengan semakin meningkatnya pH. Hilangnya amonia ke atmosfer juga dapat meningkat dengan meningkatnya kecepatan angin dan suhu.

Amonia yang terukur di perairan berupa amonia total (NH_3 dan NH_4^+). Amonia bebas tidak dapat terionisasi, sedangkan ammonium (NH_4^+) dapat terionisasi. Kadar amonia dalam perairan alami biasanya kurang dari 0,1 mg/liter (McNeely et al., 1979 dalam Effendi 2017). Kadar amonia bebas yang tidak terionisasi (NH_3) pada perairan tawar sebaliknya tidak lebih dari 0,02 mg/liter. Jika kadar amonia bebas lebih dari 0,02 mg/liter, perairan bersifat toksik bagi beberapa jenis ikan (Sawyer dan McCarty, 1978 dalam Effendi, 2017). Kadar amonia yang tinggi dapat menjadi indikasi pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik, industri, dan limpasan pupuk pertanian. Kadar amonia yang tinggi juga dapat ditemukan dalam dasar danau atau waduk yang mengalami kondisi tanpa oksigen (*anoxic*).

2.6.1.2 Nitrat

Menurut Effendi (2017), Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen yang berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi amonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *nitrobacter*.

Nitrat dan ammonium adalah sumber utama nitrogen di perairan. Namun ammonium lebih disukai oleh tumbuhan. Kadar nitrat di perairan yang tidak tercemar biasanya lebih tinggi daripada ammonium. Kadar nitrat pada perairan alami hampir tidak lebih dari 0,1 mg/liter. Kadar nitrat lebih dari 5 mg/liter menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia dan tinja hewan. Kadar nitrat yang lebih dari 0,2 mg/liter dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi (pengayaan) perairan, yang selanjutnya menstimulir pertumbuhan algae dan tumbuhan air secara pesat atau *blooming*. Air hujan memiliki kadar nitrat sebesar 0,2 mg/liter. Kadar nitrat untuk keperluan air minum sebaiknya tidak melebihi 10 mg/liter (Davis dan Cornwell, 1991 dalam Effendi, 2017). Kadar nitrat yang tinggi juga dapat ditemukan dalam dasar danau atau waduk yang mengalami kondisi tanpa oksigen (*anoxic*).

Nitrat dapat digunakan untuk mengelompokkan tingkat kesuburan perairan. Perairan oligotrof memiliki kadar nitrat antara 0-1 mg/liter, perairan mesotrof memiliki kadar nitrat antara 1-5 mg/liter, dan perairan eutrof memiliki kadar nitrat yang berkisar antara 5-10 mg /liter (Volenweidr, 1969 dalam Wetzel, dalam Effendi, 2017).

2.6.1.3 Nitrit

Di perairan alami, nitrit (NO₂) biasanya ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit, lebih sedikit daripada nitrat, karena bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. Nitrit merupakan bentuk peralihan antara ammonia dengan nitrat (nitrifikasi), dan antara nitrat dan gas nitrogen (denitrifikasi).

Bagi manusia dan hewan nitrit bersifat toksik daripada nitrat. Kadar nitrit pada perairan yang lebih dari 0,05 mg/L dapat bersifat toksik bagi organisme perairan yang sangat sensitif (More, 1991 dalam Effendi, 2017).

2.6.2 Fosfor

Di perairan, unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen, melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut (ortofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik yang berupa partikulat. Fosfor membentuk kompleks dengan ion besi dan kalsium pada kondisi aerob, bersifat tidak larut, dan mengendap pada sedimen sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh alga akuatik (Jeffries dan Mills, 1996 dalam Effendi, 2017).

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (Dugan, 1972 dalam Effendi, 2017). Karakteristik fosfor sangat berbeda dengan unsur-unsur utama lainnya yang merupakan penyusun biosfer karena unsur ini tidak terdapat di atmosfer.

Pada kerak bumi keberadaan fosfor relatif sedikit dan mudah mengendap, fosfor juga merupakan unsur esensial tumbuhan tingkat tinggi dan alga, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas tumbuhan dan alga akuatik serta sangat mempengaruhi tingkat produktivitas perairan. Jones dan Bachmann (1976) dalam Davis dan Cornwell (1991) dalam Effendi, 2017, mengemukakan korelasi positif antara kadar fosfor total dengan klorofil-a. Hubungan dalam fosfor total dan klorofil-a tersebut ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$\text{Log (Klorofil-a)} = -1,09 + 1,46 \text{ Log Pt} \dots \dots \dots (2-1)$$

Dengan :

$$\text{Klorofil-a} = \text{Konsentrasi Klorofil-a} \quad (\text{mg/m}^3)$$

$$\text{Pt} = \text{Fosfor total (total P)} \quad (\text{mg/m}^3)$$

Ortofosfat yang merupakan produk ionisasi dari asam ortofosfat adalah bentuk fosfor yang paling sederhana di perairan. Ortofosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan akuatik, sedangkan polifosfat harus mengalami hidrolisis membentuk ortofosfat terlebih dahulu, sebelum dimanfaatkan sebagai sumber fosfor, setelah masuk ke dalam tumbuhan, misalnya fitoplankton, fosfat anorganik mengalami perubahan menjadi organofosfat. Fosfat yang berikatan dengan *ferric* $Fe_2(PO_4)_3$, bersifat tidak larut dan mengendap di dasar perairan. Pada saat terjadi kondisi anaerob ion besi valensi tiga (*ferric*) ini mengalami reduksi menjadi ion besi valensi dua (*ferrous*) yang bersifat larut dan melepaskan fosfat ke perairan, sehingga meningkatkan keberadaan fosfat di perairan. (Brown, 1987 dalam Effendi, 2017)

Fosfor total menggambarkan jumlah total fosfor, baik berupa partikulat maupun terlarut, anorganik maupun organik. Fosfor anorganik bisa disebut *soluble reactive phosphorus*, misalnya ortofosfat. Fosfor organik banyak terdapat pada perairan yang banyak mengandung bahan organik. Oleh karena itu, pada perairan yang memiliki kadar bahan organik tinggi sebaiknya ditentukan juga kadar fosfat total disamping ortofosfat (Mackereth et al., 1989 dalam Effendi, 2017)

Keberadaan fosfor secara berlebihan yang disertai dengan keberadaan nitrogen dapat menstimulasi ledakan pertumbuhan alga di perairan (*algae bloom*). Alga yang berlimpah ini dapat membentuk lapisan pada permukaan air, yang selanjutnya dapat menghambat penetrasi oksigen dan cahaya matahari sehingga kurang menguntungkan bagi ekosistem perairan. Pada saat perairan cukup mengandung fosfor, alga mengakumulasi fosfor di dalam sel melebihi kebutuhannya. Fenomena yang demikian dikenal dengan istilah konsumsi lebih (*luxury consumption*). Kelebihan fosfor yang diserap akan dimanfaatkan pada saat perairan mengalami defisiensi fosfor, sehingga alga masih dapat tumbuh selama beberapa waktu selama periode kekurangan pasokan fosfor. Selama defisiensi fosfor alga juga dapat memanfaatkan fosfor organik dengan bantuan enzim alkalin fosfat yang berfungsi memecah senyawa organofosfor. Keberadaan enzim alkalin fosfat akan meningkat jika terjadi defisiensi fosfor di perairan (Boney, 1989 dalam Effendi, 2017).

2.6.3 Kebutuhan Oksigen Biokimiawi/ Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Menurut Sugiharta (1987), BOD atau kebutuhan oksigen biokimiawi merupakan satuan yang digunakan untuk mengukur kebutuhan oksigen yang diperlukan dalam menguraikan bahan organik di dalam air waduk, yang menggunakan ukuran mg/liter air. Semakin besar angka BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air limbah adalah semakin besar. Jadi,

BOD merupakan ukuran konsentrasi bahan organik dalam bahan buangan yang dapat dioksidasi oleh bakteri.

2.6.4 Oksigen Terlarut/ *Dissolve Oxygen* (DO)

Oksigen merupakan faktor penting bagi kehidupan makro dan mikro organisme perairan karena diperlukan untuk proses pernafasan. Sumber oksigen terlarut di perairan dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer (sekitar 35%) dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton. Fluktuasi oksigen dapat mempengaruhi parameter kimia lain, terutama pada saat kondisi tanpa oksigen, yang dapat mengakibatkan perubahan kelarutan beberapa unsur kimia di perairan (Effendi, 2017).

Berdasarkan Ghufran M dkk (2007), dilihat dari jumlahnya, oksigen adalah salah satu jenis gas terlarut dalam air dengan jumlah yang sangat banyak yaitu menempati urutan kedua setelah nitrogen. Namun jika dilihat dari segi kebutuhan untuk budidaya perairan, oksigen menempati urutan teratas. Oksigen yang diperlukan untuk kehidupan budidaya perikanan harus terlarut dalam air. Oksigen merupakan salah satu faktor pembatas, sehingga bila ketersediaannya di dalam air tidak mencukupi kebutuhan biota budidaya, maka segala aktivitas biota akan terhambat. Biota membutuhkan oksigen guna pembakaran bahan bakarnya (makanan) untuk melakukan aktivitas seperti berenang, pertumbuhan, reproduksi dan lain-lain. Oleh karena itu, ketersediaan oksigen bagi biota air menentukan lingkaran aktivitasnya, konversi pakan ikan, dan laju pertumbuhan bergantung pada oksigen. Berikut merupakan tabel pengaruh oksigen terlarut dengan kehidupan budidaya:

Tabel 2.4
Pengaruh Oksigen Terlarut pada Budidaya Perairan

Konsentrasi Oksigen Terlarut	Pengaruh
> 1 mg/L	Terjadi kematian apabila berlangsung lebih dari beberapa jam
1 – 5 mg/L	Pertumbuhan akan terganggu bila berlangsung terus-menerus
5 mg/L – jenuh	Sangat baik untuk pertumbuhan
> jenuh	Dapat membahayakan apabila terjadi pada seluruh bagian tambak. Secara normal tidak menjadi masalah

Sumber: Ghufran M dkk, 2007

Konsentrasi oksigen terlarut berubah-ubah dalam siklus harian. Pada waktu fajar, konsentrasi oksigen terlarut rendah dan semakin tinggi pada siang hari yang disebabkan oleh fotosintesis, sampai mencapai titik maksimal lewat tengah hari. Pada malam hari saat

tidak terjadi fotosintesis, pernapasan organisme didalam tambak memerlukan oksigen sehingga menyebabkan penurunan oksigen terlarut. Jumlah oksigen yang diperlukan bakteri dalam penguraian bahan organik di dalam perairan tergantung dari konsentrasi dari banyaknya bahan organik yang terdapat pada dasar perairan. Pengurangan oksigen paling besar adalah akibat pernapasan fitoplankton. Biasanya 60 – 80 % dari penurunan oksigen disebabkan oleh pernapasan fitoplankton.

Rendahnya kandungan oksigen terlarut dapat berpengaruh terhadap fungsi biologis dan lambatnya pertumbuhan, bahkan dapat mengakibatkan kematian. Masalah konsentrasi oksigen terlarut rendah dapat di atasi dengan pengaturan pemberi pakan ikan. Kelebihan pemberian pakan biasanya diikuti dengan proses pembusukan yang memanfaatkan oksigen dari air dan hasil akhirnya berupa bahan anorganik yang merupakan pupuk bagi fitoplankton. Pertumbuhan fitoplankton yang padat (*blooming phytoplankton*) dalam air yang dikelola secara intensif dapat membentuk lapisan hijau di permukaan air yang mampu menghambat penetrasi cahaya matahari dan menghambat fotosintesis di dasar tambak. Pada kondisi lanjut, penumpukan panas pada lapisan padat plankton akibat radiasi ultraviolet mampu menimbulkan kematian fitoplankton secara massal yang dapat mengakibatkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut secara drastis. Oleh karena itu, pemberian pakan sebaiknya disesuaikan dengan kedalaman pinggan secchi optimal.

Oksigen dalam air tambak dihasilkan melalui proses difusi dari udara yang mengandung 20,95 % oksigen. Proses ini terjadi secara cepat pada selaput permukaan air, namun berjalan sangat lambat ke lapisan yang lebih dalam. Karenanya udara kurang berkurang sebagai sumber oksigen dalam air kecuali disertai usaha untuk mempercepat difusi dari selaput permukaan tersebut ke lapisan air yang lebih dalam, misalnya dengan aerator atau dengan kekuatan angin. Proses *diffuse* ini akan terjadi apabila terjadi perbedaan tekanan oksigen di dalam air dan di udara (Cholick, 1988 dalam Ghufuran M dkk, 2007).

Sumber oksigen lainnya adalah fitoplankton melalui proses fotosintesis. Berikut merupakan reaksi dari proses fotosintesis:

$6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Cahaya}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$, produksi oksigen melalui proses tersebut tergantung dari keadaan penyinaran matahari dan kepadatan plankton.

2.6.5 Derajat Keasamaan (pH)

pH (singkatan dari *puissance negative de H*), yaitu logaritma dari kepekaan ion ion hidrogen yang terlepas dalam suatu cairan. pH air mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena mempengaruhi kehidupan jasad renik. Pada pH rendah (keasaman tinggi) kandungan oksigen terlarut akan berkurang, akibatnya kandungan

oksigen terlarut akan menurun, aktifitas pernapasan naik dan selera makan ikan berkurang. Hal yang sebaliknya terjadi pada suasana perairan basa. Atas dasar ini, maka usaha budidaya perairan akan berhasil baik dalam air dengan pH 6,5 – 9 dan kisaran optimal adalah pH 7,5 sampai 8,7.

Tabel 2.5

Hubungan antara pH Air Dengan Kehidupan Budidaya Perikanan

pH air	Pengaruh Terhadap Budidaya Perikanan
< 4,5	Air bersifat racun bagi ikan
5 – 6,5	Pertumbuhan ikan terhambat dan ikan sangat sensitif terhadap bakteri dan parasite
6,5 – 9	Ikan mengalami pertumbuhan optimal
> 9	Pertumbuhan ikan terhambat

Sumber: Ghufran M dkk, 2007

2.6.6 Padatan total Tersuspensi (TSS)

Padatan total (residu) adalah bahan yang tersisa setelah air sampel mengalami evaporasi dan pengeringan pada suhu tertentu (APHA, 1985 dalam Apridayanti, 2008). Padatan yang terdapat di perairan diklasifikasikan berdasarkan ukuran diameter partikel. Padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid atau TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter >1 μ m) yang tertahan pada saringan milipore dengan diameter pori 0,45 μ m. TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh erosi tanah yang terbawa ke badan air. Bahan-bahan terlarut dan tersuspensi pada perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika berlebihan terutama TSS dapat meningkatkan nilai kekeruhan, yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis (Effendi, 2017).

2.7 Parameter Fisika Kualitas Air

Salah satu derajat kekotoran air dipengaruhi oleh sifat fisik air, yang dapat dilihat dengan mata dan dirasakan secara langsung. Dalam standar persyaratan status trofik perairan terdapat parameter fisika berupa cahaya atau kecerahan yang dijelaskan berikut ini:

2.7.1 Kecerahan

Kecerahan adalah sebagian cahaya yang diteruskan kedalam air dan dinyatakan dalam persen dari beberapa panjang gelombang di daerah spektrum yang terlihat cahaya yang melalui lapisan sekitar satu meter, jatuh agak lurus pada permukaan air.

Kemampuan cahaya matahari untuk menembus sampai ke dasar perairan dipengaruhi oleh kekeruhan air. Kekeruhan dipengaruhi oleh benda-benda halus yang disuspensikan seperti lumpur dan sebagainya, adanya jasad-jasad renik (plankton), dan warna air. Dengan mengetahui kecerahan suatu perairan, kita dapat mengetahui sampai dimana masih ada kemungkinan terjadi proses asimilasi dalam air, lapisan lapisan mana yang tidak keruh, agak keruh, dan yang paling keruh. Air yang tidak terlampau keruh dan tidak pula terlampau jernih baik untuk kehidupan ikan dan budidaya (Ghufran M dkk, 2007).

Kecerahan yang baik bagi budidaya ikan dan udang berkisar 30-40 cm yang dihitung menggunakan pinggan secchi. Bila kecerahan sudah mencapai kedalaman kurang dari 25 cm pergantian air sebaiknya segera dilakukan sebelum fitoplankton mati berurutan yang diikuti penurunan oksigen terlarut secara drastis. Perubahan jumlah individu fitoplankton sangat dipengaruhi konsentrasi unsur hara terutama nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) dalam air. Konsentrasi harus diketahui secara cermat bila diinginkan hasil pemupukan maksimal. Bila air terlampau cerah, hara nitrogen biasanya menjadi pembatas pertumbuhan plankton, jadi perlu ditambahkan pupuk urea (ZA) atau KNO_3 sebagai sumber nitrogen. Untuk memberikan media yang baik bagi biota yang dipelihara, sebaiknya air yang digunakan cukup jernih, tidak banyak membawa partikel (Ghufran M, 2007).

Cahaya sangat mempengaruhi tingkah laku organisme akuatik. Alga planktonik menunjukkan respon yang berbeda terhadap perubahan intensitas cahaya. Perubahan intensitas cahaya menyebabkan *ceratium hirudinella* (*Dinoflagellata*) melakukan pergerakan vertikal pada kolom air dan *blue green algae* (*Cyanopyta*) mengatur volume vakuola gas untuk melakukan pergerakan secara vertikal pada kolom air, Sedangkan zooplankton melakukan migrasi vertikal, (Jeffries dan Mills, 1996 dalam Effendi, 2017).

Pigmen klorofil menyerap cahaya biru dan merah, karoten menyerap cahaya biru dan hijau, fikoserin menyerap warna hijau, dan fikosianin menyerap cahaya kuning, (Moss, 1993 dalam Effendi, 2017).

2.7.2 Suhu Air

Suhu mempengaruhi aktifitas metabolisme organisme, oleh sebab itu penyebaran organisme air di lautan maupun di perairan air tawar dibatasi oleh suhu perairan tersebut. Suhu sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air. Secara umum laju pertumbuhan meningkat sejalan dengan kenaikan suhu, hal tersebut dapat menekan kehidupan hewan budidaya bahkan menyebabkan kematian bila peningkatan suhu sampai ekstrim (drastis).

Pertumbuhan dan kehidupan biota air sangat dipengaruhi oleh suhu air. Kisaran suhu optimal bagi kehidupan budidaya perikanan untuk daerah tropis adalah 28° C - 32° C. Pada suhu 18° C - 25° C, ikan masih bertahan hidup tetapi nafsu makannya mulai menurun. Suhu air 12° C - 18° C mulai berbahaya bagi kehidupan ikan, sedangkan pada suhu 28° C ikan tropis mati kebingungan. Suhu air dapat mempengaruhi kehidupan biota air secara tidak langsung, yaitu mempengaruhinya terhadap kelarutan oksigen dalam air. Semakin tinggi suhu semakin rendah daya larut oksigen di dalam air, begitu pula sebaliknya. Pengaruh suhu secara tidak langsung lainnya adalah mempengaruhi metabolisme, daya larut gas-gas, termasuk oksigen serta berbagai reaksi kimia di dalam air. Setiap kenaikan suhu 10° C akan mempercepat laju reaksi kimia sebesar 2 kali lipat. Sebagai contoh reaksi kesetimbangan ammonia (NH₃): $\text{NH}_4\text{OH} \leftrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$, akan semakin ke kanan yang menyebabkan kadar ammonia meningkat, sehingga daya racun amonia turut pula mengalami peningkatan.

2.8 Parameter Biologi Kualitas Air

2.8.1 Klorofil-a

Klorofil-a terdapat pada semua organisme autotrof. Klorofil-b dimiliki alga hijau dan tumbuhan darat. Klorofil-c dimiliki alga pirang, alga keemasan, serta diatom (*Bacillariophyta*). Klorofil-d dimiliki alga merah (*Rhodophyta*). Selain berbeda rumus kimia, jenis jenis klorofil ini juga berbeda pada panjang gelombang cahaya yang diserapnya.

Klorofil-a adalah salah satu parameter indikator tingkat kesuburan dari suatu perairan. Tinggi rendahnya klorofil-a di perairan sangat dipengaruhi oleh faktor hidrologi perairan (suhu, salinitas, nitrat, fosfat). Kandungan klorofil-a di suatu perairan dapat digunakan sebagai ukuran *standing stock* fitoplankton yang dapat dijadikan petunjuk produktivitas primer suatu perairan. Semakin tinggi kandungan klorofil-a fitoplankton dalam suatu perairan, berarti semakin tinggi pula produktivitas perairan tersebut, sehingga daya dukung terhadap komunitas penghuninya semakin tinggi. Sebaran dan tinggi rendahnya kandungan klorofil-a sangat terkait dengan kondisi hidrologis perairan. Beberapa parameter fisika-kimia yang mengontrol dan mempengaruhi sebaran klorofil-a adalah intensitas cahaya, suhu, dan nutrisi terutama nitrat dan fosfat.

Klorofil-a merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktivitas primer perairan. Sebaran dan tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a sangat terkait dengan kondisi suatu perairan. Beberapa parameter fisik-kimia yang mengontrol dan mempengaruhi sebaran klorofil-a, adalah intensitas cahaya, nutrisi (terutama nitrat, fosfat dan silikat). Perbedaan parameter fisika kimia tersebut secara langsung

merupakan penyebab bervariasinya produktivitas primer. Umumnya sebaran konsentrasi klorofil-a tinggi di perairan sebagai akibat dari tingginya suplai nutrisi yang berasal dari daratan melalui limpasan air sungai (Retnaningsih dkk, 2010).

2.8.2 Fitoplankton

Plankton yang merupakan tumbuhan mikroskopis disebut fitoplankton. Fitoplankton sebagian besar merupakan organisme autotrofik dan menjadi produsen primer dari bahan organik pada habitat akuatik. Komponen lain dari plankton adalah binatang heterotropik yang disebut zooplankton. Sehingga fitoplankton merupakan *base line* dari jaring-jaring makanan pada lingkungan perairan (Herawati 1989).

Fitoplankton terdiri dari kumpulan tanaman mikro yang hampir tidak mempunyai kemampuan melawan gerakan air. Beberapa fitoplankton dapat menggunakan flagel, cilia dan lendir untuk gerakannya, tetapi sebagian besar melayang bebas di perairan (Wetzel, 1975 dalam Apridayanti 2008).

Secara umum fitoplankton merupakan organisme uniseluler. Koloni fitoplankton terdiri dari sel individu yang biasanya uniform. Beberapa dari *green algae* dan *blue green algae* merupakan filamentosus alga sedangkan beberapa spesies diatom dan dinoflagelata mempunyai sel yang berhubungan membentuk seperti rantai sel (Herawati 1989). Seluruh plankton dari golongan fitoplankton berwarna, sebagian besar berwarna hijau karena adanya macam – macam klorofil, klorofil a sampai klorofil d. Sehingga jenis fitoplankton diberi nama atas dasar warnanya (Sachlan, 1982 dalam Apridayanti 2008). Menurut Davis (1955) dalam Effendi (2017), fitoplankton yang hidup di air tawar maupun air laut terdiri dari lima kelompok besar (*Phyllum*) yaitu *Chlorophyta* (ganggang hijau), *Cyanophyta* (ganggang biru), *Chrysophyta* (ganggang coklat), *Pyrophyta* dan *Euglenophyta*. Sedangkan untuk klasifikasi fitoplankton berdasarkan kelas yaitu *Cyanophyceae*, *Rhodophyceae*, *Bacillariophyceae*, *Cryptophyceae*, *Dynophyceae*, *Crysophyceae*, *Haptophyceae*, *Raphidophyceae*, *Xanthophyceae*, *Eustigmatophyceae*, *Euglenophyceae*, *Prasinophyceae* dan *Chlorophyceae*. Dari ketiga belas kelas fitoplankton tersebut, dalam komunitas fitoplankton di laut hanya empat kelas di antaranya merupakan kelas terpenting yaitu *Bacillariophyceae*, *Dynophyceae*, *Haptophyceae* dan *Cryptophyceae*.

2.9 Musim

Musim adalah pembagian waktu setahun yang ditandai oleh adanya perbedaan (perubahan) cuaca, ekologi, dan lamanya penyinaran matahari (waktu siang). Musim terjadi karena rotasi bumi pada porosnya dalam mengelilingi matahari. Akibatnya, negara-negara

yang jauh dari ekuator atau garis khatulistiwa dalam satu tahun memiliki empat musim yaitu panas, gugur, dingin, dan semi. Sedangkan negara-negara dekat dengan ekuator yang beriklim tropis seperti Indonesia yang hanya mempunyai dua musim yaitu hujan dan kemarau.

Di Indonesia, musim didasarkan atas sering dan jarang curah hujan sehingga dikenal dengan musim hujan dan musim kemarau. Untuk menandai kedua musim tersebut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika menggunakan kriteria banyaknya curah hujan selama 10 hari (dasarian).

Penetapan dasarian ini dimulai dari awal bulan. Dengan demikian dasarian pertama adalah satuan waktu sepuluh hari dari tanggal 1 sampai 10 Januari. Dasarian kedua dari 11 sampai 20 Januari. Sementara itu, dasarian ketiga mulai 21 hingga 31 Januari.

Awal musim didefinisikan sebagai dasarian awal mulainya musim. Jadi, awal musim hujan adalah dasarian pertama yang memiliki curah hujan sama atau lebih dari 50 mm. Sedangkan awal musim kemarau adalah dasarian pertama yang curah hujannya kurang dari 50 mm. Sedangkan untuk Panjang musim adalah banyaknya dasarian dari awal musim sampai akhir musim. Baik awal maupun Panjang musim tidak sama setiap tahunnya tergantung pada kondisi dan tatanan cuaca lainnya dalam skala besar. Dengan kata lain, awal dan Panjang musim di setiap tempat berbeda-beda tergantung dari faktor hidrologi daerah tersebut (Aldriyan E dkk, 2011).

2.10 Parameter Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran untuk Budidaya Perikanan

Menurut PerMenNeg LH No. 28 Th. 2009, beban pencemaran air beberapa waduk saat ini telah meningkat oleh perkembangan budidaya perikanan keramba jaring apung (KJA), untuk itu diperlukan cara perhitungan daya tampung beban pencemaran air.

Perhitungan daya tampung perairan waduk untuk limbah pakan KJA mengikuti, namun kualitas air yang menjadi acuan utama adalah status trofik disamping status kualitas air pada umumnya. Parameter kualitas air yang dipilih sebagai faktor pembatas adalah fosfat dalam bentuk P total, mengingat dasar perhitungannya adalah status trofik waduk. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap perhitungan daya tampung beban pencemaran air waduk untuk budidaya perikanan adalah:

1) Morfologi dan Hidrologi Waduk

Perhitungan laju penggantian air waduk tercantum pada Rumus (2-2) dan Rumus (2-3), dimana rumus tersebut ditentukan berdasarkan morfologi dan hidrologi waduk seperti kapasitas perairan waduk, luas perairan waduk dan debit outflow waduk.

2) Alokasi beban pencemaran parameter fosfor (P)

Penentuan alokasi beban pencemaran P-total untuk limbah budidaya ikan tergantung kepada fungsi waduk sebagai berikut:

- a) Apabila fungsinya khusus untuk budidaya perikanan, dan air yang keluar dari waduk tersebut hanya untuk air irigasi pertanian atau pemakaian lainnya yang tidak peka terhadap parameter P maka berlaku Rumus (2-4). Alokasi beban pencemaran P-total untuk limbah budidaya ikan dinyatakan dengan $\Delta [P]_d$ yang jumlahnya tergantung kepada syarat kadar maksimum kadar P total untuk jenis ikan yang dibudidayakan yaitu $[P]_f$ dan kadar P total hasil pemantauan air waduk yaitu $[P]_i$.
- b) Apabila fungsi air waduk adalah serbaguna berlaku persyaratan baku mutu air atau kelas air, maka berlaku Rumus (2-5). Alokasi beban pencemaran limbah budidaya ikan $\Delta [P]_d$ tergantung kepada syarat kadar P total pada air waduk yaitu $[P]_{STD}$, dan alokasi beban pencemaran P total dari DAS atau DTA yaitu $[P]_{DAS}$, serta kadar P total hasil pemantauan air waduk $[P]_i$.

3) Daya Tampung Beban Pencemaran Air Limbah Budidaya Ikan

Perhitungan daya tampung beban pencemaran air limbah budidaya perikanan pada waduk adalah sebagai berikut:

- a) Daya tampung parameter P total per satuan luas waduk yaitu L_{ikan} , merupakan fungsi dari kedalaman rata-rata waduk yaitu \bar{Z} , laju penggantian air waduk yaitu ρ dan kadar parameter yang terbawa lumpur dan mengendap ke dasar waduk. L_{ikan} dihitung dengan Rumus (2-6), Rumus (2-7) dan Rumus (2-8).
- b) Jumlah daya tampung parameter P total pada perairan waduk yaitu La_{ikan} , yang merupakan fungsi L_{ikan} dan luas perairan danau atau A . La_{ikan} dihitung berdasarkan Rumus (2-9).

4) Limbah fosfor pada pakan budidaya ikan

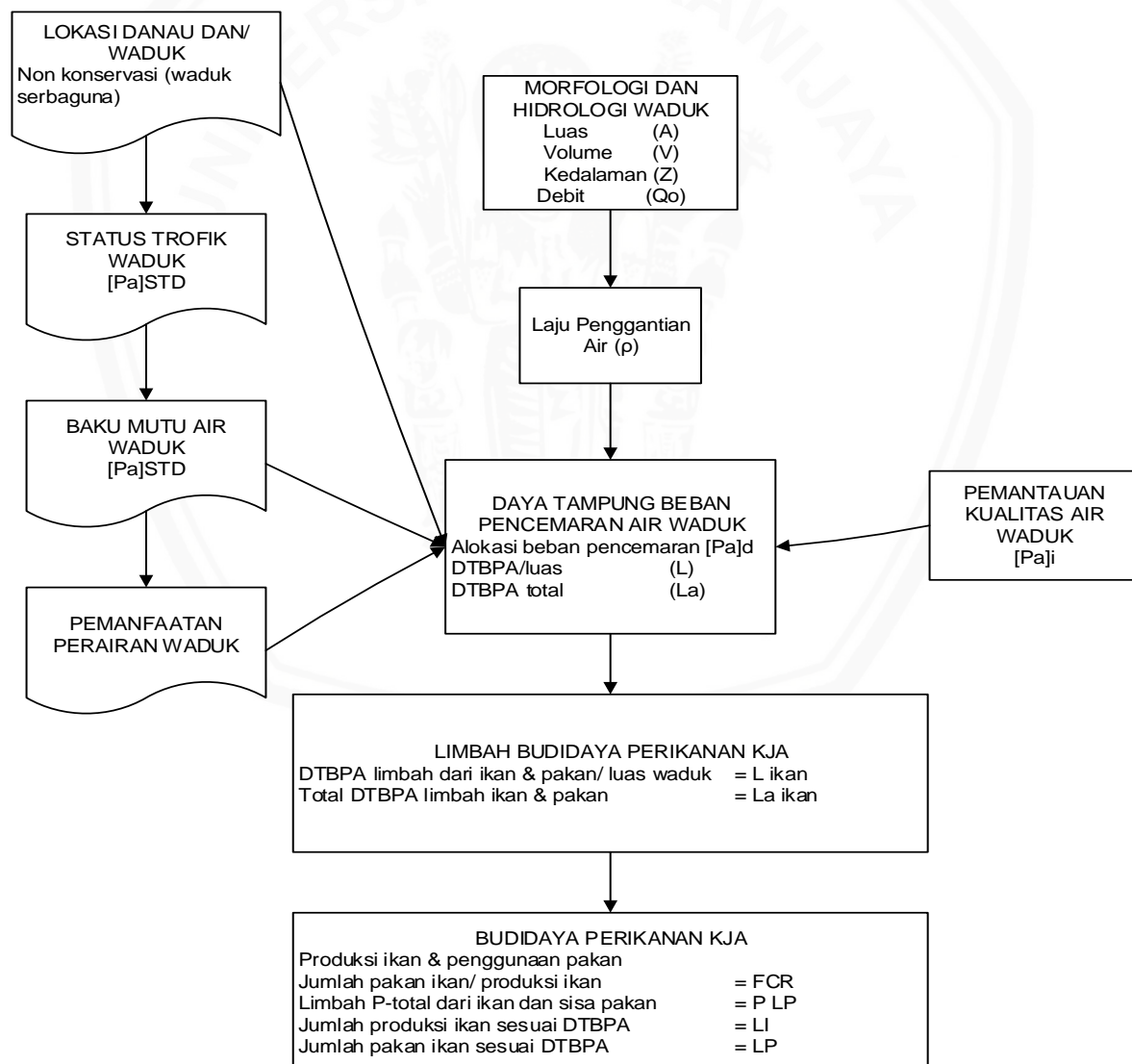
Jumlah limbah P total dari sisa pakan dan limbah metabolisme ikan yaitu P_{LP} , adalah jumlah kadar P total dalam pakan ikan selama ikan tersebut dibudidayakan sampai dipanen dikurangi jumlah P total dalam ikan yang dipanen. Perhitungannya tercantum pada Rumus (2-10). Sedangkan jumlah pakan ikan dinyatakan dengan nilai FCR (*feed conversion ratio*), yaitu jumlah berat pakan ikan selama periode budidaya atau pertumbuhan ikan dibagi dengan berat ikan saat dipanen. Nilai FCR sangat bervariasi 1,5 - 3,0 ton pakan/ton ikan, tergantung pada komposisi pakan, jenis ikan yang dibudidayakan dan teknik budidaya (KJA

1 tingkat atau 2 tingkat). Kadar P total dalam pakan ikan dan dalam produksi ikan diperoleh dari hasil analisis di laboratorium.

5) Jumlah budidaya perikanan KJA

Perhitungan jumlah produksi ikan budidaya KJA dan jumlah pakannya sesuai dengan daya tampung beban pencemaran air waduk adalah sebagai berikut:

- P-total yang masuk danau dari limbah ikan atau P_{LP} adalah fungsi jumlah konversi pakan atau FCR, kadar P total dalam pakan atau P pakan, dan kadar P-total dalam ikan atau P ikan. Perhitungannya menggunakan Rumus (2-10).
- Jumlah Produksi Ikan KJA agar memenuhi daya tampung beban pencemaran air atau LI adalah fungsi L_{ikan} dan P_{LP} , sesuai dengan Rumus (2-11).
- Jumlah Pakan Ikan KJA atau LP agar memenuhi daya tampung beban pencemaran air adalah fungsi FCR dan LI, sesuai dengan perhitungan pada Rumus (2-12).



Gambar 2.1 Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Waduk
Sumber: PerMenNeg LH No. 28 Th. 2009

2.10.1. Rumus umum perhitungan daya tampung beban pencemaran air waduk

1) Morfologi dan hidrologi danau dan atau waduk

$$\check{Z} = 100 \times V/A \dots\dots\dots (2-2)$$

Dengan:

$$\check{Z} = \text{kedalaman rata – rata waduk} \quad (\text{m})$$

$$V = \text{Volume air waduk} \quad (\text{juta m}^3)$$

$$A = \text{Luas perairan waduk} \quad (\text{Ha})$$

$$\rho = Q_0 / V \dots\dots\dots (2-3)$$

Dengan:

$$\rho = \text{Laju penggantian air waduk} \quad (\text{per tahun})$$

$$Q_0 = \text{Jumlah debit air keluar waduk} \quad (\text{juta m}^3/\text{tahun})$$

2) Alokasi Beban Pencemaran Unsur fosfor (P)

Jika pemanfaatan waduk hanya untuk budidaya perikanan dan pertanian atau kegiatan lain yang tidak peka dengan kadar P:

$$\Delta [P]_d = [P]_t - [P]_i \dots\dots\dots (2-4)$$

Jika Pemanfaatan danau serbaguna termasuk penampung limbah DAS dan kadar P dibatasi baku mutu air atau kelas air:

$$\Delta [P]_d = [P]_{STD} - [P]_i - [P]_{DAS} \dots\dots\dots (2-5)$$

Dengan:

$$\Delta [P]_d = \text{alokasi beban P-total budidaya ikan} \quad (\text{mg P/m}^3)$$

$$[P]_f = \text{syarat kadar P-total maksimal sesuai dengan jenis ikan yang dibudidayakan} \\ (\text{mg P/m}^3)$$

$$[P]_{STD} = \text{syarat kadar P-total maksimal sesuai Baku Mutu Air atau Kelas Air (mg P/m}^3)$$

$$[P]_{DAS} = \text{alokasi beban P-total dari DAS dan perairan danau selain budidaya ikan} \\ (\text{mg P/m}^3)$$

$$[P]_i = \text{kadar parameter P-total hasil pemantauan waduk (mg/m}^3)$$

3) Daya Tampung Beban Pencemaran Air Parameter Pa Pada Air Waduk

$$L_{ikan} = \Delta [P] \cdot \check{Z} \rho / (1 - R_{ikan}) \dots\dots\dots (2-6)$$

$$R_{ikan} = x + [(1 - x) R] \dots\dots\dots (2-7)$$

$$R = 1 / (1 + 0,747 \rho^{0,507}) \dots\dots\dots (2-8)$$

$$L_{aikan} = L_{ikan} \times A \dots\dots\dots (2-9)$$

Keterangan:

L_{ikan} = daya tampung P-total limbah ikan per satuan luas waduk
(gr P/m² . tahun)

L_{aikan} = jumlah daya tampung P-total limbah ikan pada perairan waduk
(gr P/tahun)

R = P total yang tinggal bersama sedimen

R_{ikan} = proporsi P-total yang larut ke sedimen setelah ada KJA

X = proporsi total P-total yang secara permanen masuk ke dasar, 45-55%.

4) Pakan dan limbah P budidaya ikan KJA

$$P_{LP} = FCR \times P_{pakan} - P_{ikan} \dots\dots\dots (2-10)$$

Keterangan:

P_{LP} = P-total yang masuk waduk dari limbah ikan (Kg P/ton ikan)

FCR = *Feed Conversion Ratio* (ton pakan / ton ikan)

P_{pakan} = Kadar P-total dalam pakan (Kg P/ton pakan)

P_{ikan} = Kadar P-total dalam ikan (Kg P/ton ikan)

5) Jumlah Budidaya Perikanan

$$LI = L_{aikan} / P_{LP} \dots\dots\dots (2-11)$$

$$LP = LI \times FCR \dots\dots\dots (2-12)$$

Keterangan:

LI = Jumlah Produksi Ikan KJA (ton ikan/tahun)

LP = Jumlah Pakan Ikan KJA (ton pakan/tahun)

2.11 Uji Statistik Data Hasil Pengukuran

Fenomena hidrologi dan kondisi kualitas air akan selalu berubah menurut waktu tergantung dari perubahan tataguna lahan dan kondisi klimatologi yang terjadi. Dengan demikian suatu nilai dari sebuah kondisi tersebut itu hanya dapat diukur satu kali dan nilainya tidak akan sama atau tidak akan dapat terjadi lagi pada waktu yang berlainan sesuai dengan fenomena pada saat pengukuran nilai itu dilaksanakan. Maka sebab itu, perlu dilakukan uji statistik untuk melihat kualitas data dari data hasil pengukuran tersebut. Menurut Soewarno (1995), tipe data hasil pengukuran yang perlu di uji kualitasnya adalah data historis, data lapangan, data hasil percobaan dan data hasil pengukuran serempak lebih dari dua variabel. Apabila data yang digunakan untuk analisis hidrologi merupakan data tidak

benar jangan diharapkan dapat memperoleh kesimpulan yang sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan.

Uji statistik parameter kualitas air diperlukan untuk melihat kualitas data yang diperoleh. Pengecekan kualitas data (*data quality control*) merupakan keharusan sebelum data hasil pengukuran diproses dan diolah. Ada beberapa metode yang digunakan dalam Analisa uji statistik namun yang digunakan dalam Analisa penelitian ini adalah uji homogenitas data.

2.11.1 Uji Homogenitas Data Kualitas Air

Menurut Soewarno (1995), data hasil pengukuran disebut tak sama jenis (*non homogenous*) apabila dalam setiap sub kelompok populasi ditandai dengan perbedaan nilai rata-rata (*mean*) dan perbedaan varian (*variance*) terhadap sub kelompok yang lain dalam populasi tersebut. Data hasil pengukuran tak sama jenis dapat terjadi karena perubahan alam atau karena ulah manusia.

Analisa statistik dapat memberikan hasil yang lebih pasti dalam menentukan kesamaan jenis. Dalam analisa statistik dapat menggunakan uji non parametrik atau uji parametrik. Umumnya penerapan uji parametrik menggunakan Uji F dan Uji t (Soewarno, 1995).

Model uji statistik yang digunakan adalah:

1. Klasifikasi satu arah merupakan model klasifikasi satu arah yang digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan atau tidak dari beberapa kelompok sampel.
2. Klasifikasi dua arah merupakan model klasifikasi dua arah yang digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan atau tidak setiap kelompok sampel.

2.11.1.1 Uji Statistik Uji F

Pada dasarnya uji analisa variansi merupakan menghitung nilai F. Kemudian nilai F dibandingkan dengan nilai F kritis (F_{cr}) berdasarkan tabel. Adapun yang diuji yaitu ketidaktergantungan (*independence*) dan keseragaman (homogenitas). Besaran F berupa nisbah. Karena itu ada dua parameter derajat bebas meliputi v_1 (derajat bebas pembilang) dan v_2 (derajat bebas penyebut). Nilai F_{cr} diperoleh dari tabel F untuk berbagai nilai level of significance (α), dengan menggunakan kedua parameter derajat bebas v_1 dan v_2 tersebut. Untuk menguji hipotesa dihitung nilai F dengan rumus sebagai berikut:

$$F = \frac{(n-k) \cdot \sum_{i=1}^k n_i (x_i - \bar{x})^2}{(k-1) \cdot \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - x_i)^2} \dots\dots\dots (2-13)$$

Keterangan:

x_i = harga rerata kelas i

- x = harga rerata keseluruhan data
 x_{ij} = pengamatan untuk kelas I pada tahun j
 n_i = banyaknya pengamatan kelas i
 n = banyaknya pengamatan keseluruhan
 k = banyaknya kelas

Analisa variansi menggunakan uji F dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- 1) Pengumpulan data parameter kualitas air secara periodik sehingga membentuk data dari waktu ke waktu (*time series data*)
- 2) Menjumlahkan dan mencari rerata tiap kelas dari data parameter kualitas air tersebut
- 3) Menghitung nilai F dengan menggunakan rumus (2-13)
- 4) Mencari nilai kritis F_{α} berdasarkan tabel F dimana $v_1 = (n-k)$ dan $v_2 = (k-1)$
- 5) Membandingkan nilai F dengan F_{α} yang didapatkan dari table F
- 6) Jika nilai $F < F_{\alpha}$, maka data kualitas air diterima atau homogen dan jika $F > F_{\alpha}$, maka data mutu air tidak diterima/ tidak homogen.

2.11.2 Uji Konsistensi Data Hujan

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran, data tersebut harus betul betul menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya dilapangan. Dengan kata lain data hidrologi disebut tidak konsisten apabila terdapat perbedaan antara nilai pengukuran dan nilai sebenarnya. Uji konsistensi ini dilakukan terhadap data curah hujan bulanan dengan tujuan untuk mengetahui adanya penyimpangan data hujan, sehingga dapat disimpulkan apakah data tersebut layak dipaki dalam analisa hidrologi atau tidak.

2.11.2.1 Uji Konsistensi Data Hujan Metode RAPS

Uji konsistensi dilakukan dengan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri yaitu pengujian dengan kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar kumulatif rerata penyimpangan terhadap nilai reratanya (Sri Harto, 1993).

Tahapan penyelesaian uji statistic metode RAPS adalah:

- 1) Mencari nilai S_k^*

$$S_k^* = \sum_{i=1}^{k-1} (Y_i - \bar{Y}) \dots \dots \dots (2-16)$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, n$$

- 2) Mencari nilai S_k^*

$$S_k^* = \frac{S_k^*}{D_y} \dots \dots \dots (2-17)$$

3) Mencari nilai D_y^2

$$D_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k-1} (Y_i - Y')^2}{n} \dots\dots\dots (2-18)$$

4) Mencari nilai Q

$$Q = maks |S_k^{**}| \dots\dots\dots (2-19)$$

5) Mencari nilai R

$$R = maks S_k^{**} - \min S_k^{**} \dots\dots\dots (2-20)$$

Dengan melihat nilai statistik, maka dapat dicari nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} . Hasil yang dapat dibandingkan nilai Q/\sqrt{n} syarat dan R/\sqrt{n} dihitung lebih kecil maka data masih dalam batasan konsisten. Syarat nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} sesuai dengan tabel uji RAPS (dapat dilihat di lampiran IV).

2.12 Status Mutu Air

Berdasarkan Undang-Undang No. 23 Tahun 1997 Pasal 1 menyebutkan bahwa baku mutu lingkungan hidup adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang harus ada dan unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumberdaya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup.

Baku mutu air, yaitu batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain yang ada unsur pencemar yang dapat ditenggang dalam sumber air tertentu, sesuai dengan peruntukannya (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 20 Tahun 1990). Baku mutu air ditetapkan berdasarkan hasil pengkajian kelas air dan kriteria mutu air.

Status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan. Status mutu air ditetapkan untuk menyatakan:

1. kondisi cemar, apabila mutu air tidak memenuhi baku mutu air;
2. kondisi baik, apabila mutu air memenuhi baku mutu air. (Peraturan Pemerintah No. 82 Th. 2001).

Klasifikasi mutu air menurut Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001, Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air terdapat empat kelas air yaitu sebagai berikut:

1. Kelas satu (I), air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
2. Kelas dua (II), air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau



- peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
3. Kelas tiga (III), air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
 4. Kelas empat (IV), air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

Tabel 2.6
Baku Mutu Parameter Kualitas Air

Parameter		Kelas			
		Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV
NH ₃ -N	Mg/L	0,5	-	-	-
NO ₃ -N	Mg/L	10	10	20	20
NO ₂ -N	Mg/L	0,06	0,06	0,06	-
Total-P	Mg/L	0,2	0,2	1	5
BOD	Mg/L	2	3	6	12
DO	Mg/L	6	4	3	0
PH		6-9	6-9	6-9	6-9
TSS	Mg/L	50	50	50	50

Sumber: PP Nomor 82 Tahun 2001

Tabel 2.7
Baku Mutu Parameter Kualitas Air

Parameter		Kelas			
		Golongan A	Golongan B	Golongan C	Golongan D
NH ₃ -N	Mg/L	Nihil	0,5	0,016	-
NO ₃ -N	Mg/L	5	10	-	-
NO ₂ -N	Mg/L	Nihil	1	0,06	-
Total-P	Mg/L	-	-	-	-
BOD	Mg/L	-	6	-	-
DO	Mg/L	-	6	3	-
pH		6,5-8,5	5-9	6-9	5-9
TSS	Mg/L	500	1500	2000	1000-2000

Sumber: KepMenNeg Kependudukan dan Lingkungan hidup No 02 Th. 1998

2.13 Pengambilan Sampel Fitoplankton

2.13.1 Metode Sampling Fitoplankton

A. Sampling Plankton Secara Kualitatif

Pengambilan sampel secara kualitatif dimaksudkan untuk mengetahui jenis plankton.

B. Sampling Plankton Secara Kuantitatif

Pengambilan sampel secara kuantitatif dimaksudkan untuk mengetahui kelimpahan plankton yang berkaitan dengan distribusi tempat dan waktu.

2.13.2 Peralatan Sampling Plankton

1) Sampling menggunakan tabung/ botol air (*water bottle*)

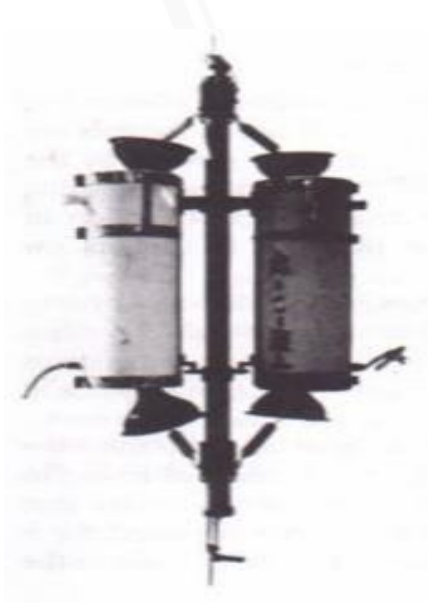


Gambar 2.2 Teknik Pengambilan Sampel Air dengan Botol Air

Sumber: Omori, Ikeda. 1992. *Methodes in Marine Zooplankton Ecology*. Krieger

Sampling dilakukan dengan mengambil air laut pada kedalaman tertentu, menggunakan botol 100 ml. Sampling pada perairan di wilayah pantai dimana kelimpahan plankton tinggi. Sampling untuk plankton berukuran kecil (fitoplankton atau nanoplankton). Sampling mendapatkan air sampel 1 – 50 liter.

2) Sampling Menggunakan *Van Dorn/ Nansen Bottle Sampler* (Omori dan Ikeda, 1992)

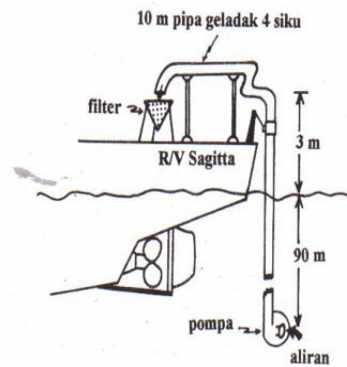


Gambar 2.3 Peralatan Pengambilan Sampel Air dengan *Van Dorn*

Sumber: Omori, Ikeda. 1992. *Methodes in Marine Zooplankton Ecology*. Krieger

Tabung Van Dorn atau *Nansen Bottle Sampler* terbuka diturunkan pada kedalaman tertentu. Tabung Van Dorn atau *Nansen Bottle Sampler* akan ditutup dengan meluncurkan ring atau besi pemberat sehingga bagian atas dan bawah akan tertutup.

3) Sampling Menggunakan Pompa Hisap

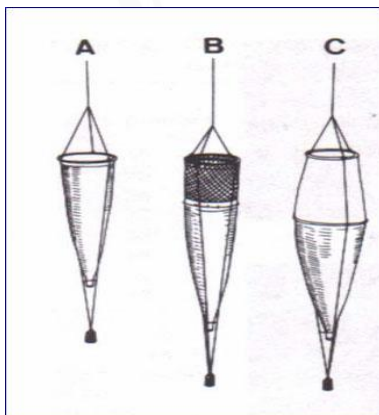


Gambar 2.4 Peralatan Sampling Menggunakan Pompa Hisap

Sumber: Kuliah Planktonologi. 2007. Metoda Pengambilan Sampel Plankton. (online). Kuliahplanktonologi.blogspot.co.id. Diakses pada 31 Maret 2017.

Sampling dengan pompa hisap dilakukan dengan menurunkan pompa sampai dengan kedalaman tujuan. Air sampel ditampung dan disaring. Keuntungannya volume dan kedalaman dapat ditentukan. Kekurangannya volume air dibatasi oleh diameter pipa.

4) Sampling Menggunakan Plankton Net (Omori dan Ikeda, 1992)



Gambar 25 Peralatan Pengambilan Sampel Air dengan Jaring Plankton

Sumber: Omori, Ikeda. 1992. *Methodes in Marine Zooplankton Ecology*. Krieger

Plankton Net untuk pHytoplankton berukuran diameter 31 cm dengan mata jaring berukuran 30 – 60 mikron. Plankton Net untuk zooplankton berukuran diameter 45 cm dengan mata jaring berukuran 150 – 500 mikron. Plankton Net untuk ikhtyoplankton berukuran diameter 55 cm.

2.13.3 Metode Pengambilan Sampel Fitoplankton Menggunakan Plankton Net

Berdasarkan manual prosedur pengambilan sampel fitoplankton Laboratorium Eksplorasi Sumberdaya Perairan Universitas Brawijaya metode pengambilan sampel fitoplankton adalah:

1. Mengklarifikasi plankton net dengan cara disemprot menggunakan botol semprot diseluruh permukaan plankton net dengan air lokal (air pada titik pengambilan sampel) dengan cara dicelupkan kedalam perairan sampai seluruh permukaan terkena air.
2. Botol film dipasangkan pada ujung plankton net dan diikat.
3. Mengambil sampel air dengan menggunakan water sampler sebanyak 5 L dan disaring menggunakan plankton net (pada saat air disaring, plankton net digoyangkan agar plankton yang menempel di permukaan jaring dapat masuk ke botol film.
4. Mengulangi pengambilan sampel pada 4 lokasi lainnya yang dekat pada stasiun pengambilan sampel sehingga jumlah air yang disaring sebanyak 25 L dalam 1 stasiun.
5. Konsentrat plankton yang tertampung dalam botol film kemudian diberi bahan preservasi (pengawet) berupa lugol 1% sebanyak 2 tetes dengan menggunakan pipet, kemudian diberi label berupa lokasi pengambilan sampel, tanggal, jam, serta kedalaman pengambilan sampel.
6. Sampel plankton yang sudah diberi label dimasukkan ke dalam *cool box* yang berisi es batu kemudian sampel diuji di Laboratorium

2.13.4 Pengawetan Sampel Fitoplankton

Sampel plankton yang diperoleh harus dilengkapi data:

- a. Lokasi pengambilan sampel/ stasiun
- b. Tanggal
- c. Kedalaman
- d. jam

Sampel plankton disimpan dalam botol berlabel, dan ditambah bahan pengawet formalin 4% atau dengan larutan lugol 1%.

2.14 Upaya Konservatif Peningkatan Kualitas Air Waduk

Pada umumnya ada dua cara untuk menanggulangi eutrofikasi:

1) *Attacking symptoms*

- Mencegah pertumbuhan vegetasi penyebab eutrofikasi
- Menambah atau meningkatkan oksigen terlarut di dalam air

Bila menggunakan cara ini, ada beberapa metode yang dapat digunakan:

- a. *Chemical treatment* yang dimaksudkan untuk mengurangi kandungan nutrisi yang berlebihan di dalam air
- b. Aerasi dan bioremediasi
- c. *Harvesting algae* (memanen alga) yang dimaksudkan untuk mengurangi alga yang tumbuh subur di permukaan air

2) *Getting at the root cause*

- Mengurangi nutrisi dan sedimen berlebih yang masuk ke dalam air

Tabel 2.8

Metode -metode Pengendalian Eutrofikasi Waduk

Sementara	Memanen gulma dan ganggang
Biologis	<i>grazing organisme blue green algae</i>
Kimiawi	Tembaga sulfat, herbisida organik
Permanen	Pengelolaan daerah aliran Diversi limbah-limbah yang kaya akan unsur hara Pengendapan unsur hara dalam danau Pengenceran unsur hara dalam waduk Penghapusan senyawa kimia tertentu dari produksi industri kimia
Modifikasi danau	Pengendalian danau Aerasi danau Pengambilan sedimen dasar

Irianto E.W dan Triweko R.W, 2011



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

