

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Waduk Kedungombo

Waduk Kedungombo terletak di Desa Kedungombo, Kecamatan Geyer, Kabupaten Grobogan, merupakan salah satu waduk yang berfungsi sebagai bendungan serbaguna yaitu untuk pelayanan irigasi dan air baku, PLTA, pengendalian banjir, perikanan dan pariwisata. Waduk ini selesai dibangun tahun 1989, dan mulai beroperasi tahun 1991. Potensi air Waduk Kedungombo berasal dari Sungai Serang dan Sungai Uter. Waduk Kedungombo memiliki luas sekitar 4.800 ha, dengan daerah genangan air meliputi tiga wilayah administrasi yaitu Kabupaten Grobogan, Kabupaten Boyolali dan Kabupaten Sragen. Waduk Kedungombo terletak di zona pegunungan Kendeng sebelah selatan Grobogan, daerah hulunya berada di lereng Gunung Merbabu. Waduk Kedungombo mempunyai fungsi penyediaan air irigasi untuk DI Sidorejo 7.938 Ha, DI Sedadi 17.555 Ha, dan DI Kelambu 38.752 Ha, jumlah luas layanan sekitar 64.365 Ha; layanan penyediaan air baku untuk Kota Purwodadi dan Semarang sebesar 1.700 l/dt; dan menghasilkan tenaga listrik dengan daya terpasang 22,5 MW (Gambar 2). Selain itu Waduk Kedungombo juga berfungsi untuk meredam banjir Sungai Serang, pada kondisi PMF (*probable maximum flood*) dari 8.000 m<sup>3</sup>/dtk menjadi 5.540 m<sup>3</sup>/dtk (Depertemen Pekerjaan Umum Ditjen Sumberdaya Air, 2006).



Gambar 2. Waduk Kedungombo  
Sumber: dokumentasi peneliti (2018)

## 2.2. Pencemaran Di Waduk

Faktor penyebab kerusakan lingkungan yang paling dominan adalah pencemaran. Hal ini disebabkan karena pencemaran tidak saja dapat merusak atau mematikan komponen biotik perairan tetapi dapat pula membahayakan kesehatan atau bahkan mematikan manusia yang memanfaatkan biota atau perairan yang tercemar. Pencemaran ekosistem perairan didefinisikan sebagai perubahan fungsi normal dari suatu ekosistem perairan akibat masuk atau dimasukkannya benda-benda lain. Pada ekosistem perairan seperti sungai, danau, waduk, pesisir, serta tambak, pencemaran dapat terjadi karena masuknya limbah dari berbagai kegiatan manusia seperti: rumah tangga, industri, pemukiman, peternakan, pertanian, dan perikanan. Limbah yang masuk ke ekosistem perairan dikategorikan dalam 2 jenis; yakni limbah anorganik yang sulit atau tidak-dapat terurai oleh mikroorganisme dan limbah organik yang mudah terurai oleh mikroorganisme (Garno, 2002).

Waduk sebagai penampung air, adanya pencemaran di DAS nya akan menumpuk ke dalam perairan, sehingga kualitas lingkungan perairan waduk tersebut menjadi terdegradasi. Secara langsung maupun tidak langsung pencemaran perairan akan mempengaruhi komunitas di waduk karena akan mengurangi produktivitas perairan, menimbulkan kerusakan habitat, dan menurunkan kualitas lingkungan perairan sebagai media hidup organisme perairan. Bahan pencemar seperti pestisida dari aktivitas pertanian dan logam berat limbah dari industri dapat terakumulasi dan melalui proses pemangsaan akan mengalami magnifikasi biologis. Melalui sistem rantai makanan, semakin tinggi tingkatan trophik pemangsa maka semakin besar pula tingkat akumulasi bahan pencemar dalam tubuh organisme (Dahuri, 2003). Terjadinya peningkatan logam berat di lingkungan perairan telah menyebabkan efek toksik pada biota-biota yang berada di perairan tersebut. Logam berat bersifat akumulatif, maka logam berat cenderung untuk terpartisi pada lemak/lipid pada biota air atau karbon organik yang menyelubungi partikel waduk sebagai penampung air, adanya pencemaran di DAS nya akan menumpuk ke dalam perairan, sehingga kualitas lingkungan perairan waduk tersebut menjadi terdegradasi. Secara langsung maupun tidak langsung pencemaran perairan akan mempengaruhi komunitas di waduk karena

akan mengurangi produktivitas perairan, menimbulkan perusakan habitat, dan menurunkan kualitas lingkungan perairan sebagai media hidup organisme perairan. Bahan pencemar seperti pestisida dari aktivitas pertanian dan logam berat limbah dari industri dapat terakumulasi dan melalui proses pemangsa akan mengalami magnifikasi biologis. Melalui sistem rantai makanan, semakin tinggi tingkatan trophik pemangsa maka semakin besar pula tingkat akumulasi bahan pencemar dalam tubuh organisme (Dahuri 2003). Terjadinya peningkatan logam berat di lingkungan perairan telah menyebabkan efek toksik pada biota-biota yang berada di perairan tersebut. Logam berat bersifat akumulatif, maka logam berat cenderung untuk terpartisi pada lemak/lipid pada biota air atau karbon organik yang menyelubungi partikel.

### **2.3. Eutrofikasi dan Sedimentasi**

Eutrofikasi adalah pengayaan suatu perairan akibat masuknya nutrisi (N dan P) sehingga terjadi peningkatan produktivitas primer. Adanya N dan P yang berlebihan dan didukung oleh kondisi perairan lentik menyebabkan terjadinya eutrofikasi. Menurut Wiryanto *et al.* (2012), masalah eutrofikasi merupakan salah satu permasalahan yang kompleks dalam pengelolaan suatu waduk yang sudah bersifat hipertrofik contoh seperti Waduk Jatiluhur, sehingga dalam memecahkan permasalahan tersebut sebaiknya digunakan kesisteman. Eutrofikasi mengakibatkan *blooming algae*, penetrasi matahari ke dalam perairan menjadi terhambat sehingga proses fotosintesis dalam perairan terganggu, terjadinya persaingan penggunaan oksigen perairan antara *algae* dengan organisme lainnya sehingga mengakibatkan penurunan kandungan oksigen terlarut pada malam hari, organisme yang tidak tahan terhadap kekurangan oksigen akan mati. Masuknya N dan P yang berlebih di perairan berasal dari erosi lahan pertanian dan akumulasi hasil limbah budidaya ikan, dapat mengakibatkan alga hijau tumbuh dengan subur, selanjutnya jika menutupi perairan dapat memusnahkan organisme akuatik aerob.

Midlen and Redding (2000) menyatakan bahwa dari pakan ikan yang diberikan maka hanya 25% P dan 25% N yang dimanfaatkan oleh ikan, sisanya masuk ke lingkungan perairan. Selanjutnya dikatakan bahwa pakan ikan yang

masuk ke lingkungan perairan 10% P dan 65% N berada dalam bentuk terlarut, sedangkan 65% P dan 10% N berada dalam bentuk partikel. Pakan ikan dalam bentuk partikel akan masuk ke sedimen tergantung kondisi perairan dan dinamika dari dasar perairan. Di perairan air tawar, pada keadaan di dasar perairan tidak ada oksigen, sejumlah P dilepaskan ke perairan sehingga mempercepat terjadinya eutrofikasi. Pada kegiatan budidaya ikan dengan pemberian pakan buatan seperti kegiatan budidaya ikan di karamba jaring apung di waduk, maka buangan pakan ikan yang tidak termakan oleh ikan serta feces yang terbuang ke perairan merupakan limbah bahan organik yang pada jumlah berlebih dapat mencemari dan mengganggu ekosistem lingkungan perairan tersebut. Kehadiran bahan beracun seperti amonia, nitrit dan H<sub>2</sub>S ini yang berada di dasar perairan mengganggu pernapasan organisme perairan, karena hemoglobin yang berfungsi untuk mengangkut oksigen pada akhirnya akan mengangkut gas-gas beracun. Hal ini diduga disebabkan hemoglobin mempunyai affinitas yang jauh lebih tinggi terhadap gas beracun dibandingkan terhadap oksigen, akibatnya biota air mengalami hipoksia (Dahuri 2003).

Sedimentasi adalah kumpulan partikel-partikel organik dan anorganik yang terakumulasi secara luas dan tidak beraturan bentuknya (Sverdrup *et al.* 2005). Sedimen yang terbawa masuk ke waduk kemungkinan akan mengendap di seluruh panjang waduk, kemudian menaikkan elevasi dasar waduk atau terjadi agradasi yaitu kenaikan dasar waduk akibat muatan sedimen yang dibawa oleh aliran sungai (Julien, 1995). Proses pengendapan sedimen umumnya dimulai dengan terbentuknya delta di bagian hulu waduk. Menurut Julien (1995), sedimentasi waduk tergantung dari sistem yang berlaku pada sungai, frekuensi terjadinya banjir, bentuk dan ukuran waduk, sistem operasional waduk, kepadatan sedimen, konsolidasi sedimen, arus densitas/turbulensi serta perubahan penggunaan lahan yang seluruhnya berpengaruh terhadap umur manfaat (*life time*) suatu waduk.

Laju sedimentasi waduk dapat ditentukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran terbaru dengan hasil pengukuran periode sebelumnya atau pada saat dibangunnya waduk. Hasil pengukuran laju sedimentasi di Waduk Kedungombo tersaji pada Tabel 2. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut terlihat bahwa sejak mulai beroperasi sampai dengan saat ini telah terjadi perubahan

volume Waduk Kedungombo. Dari pengumpulan data terlihat adanya perubahan volume tampungan. Pada periode 1989 s/d 1994 (5 tahun) terjadi perubahan volume sebesar 11,93 juta m<sup>3</sup>, atau laju sedimentasi rerata tahunan sebesar 2,39 juta m<sup>3</sup>/tahun. Periode 1994 s/d 2003 (9 tahun) terjadi perubahan volume sebesar 7,81 juta m<sup>3</sup>, dengan laju sedimentasi rerata tahunan sebesar 0,87 juta m<sup>3</sup>/tahun. Berdasarkan pengukuran terakhir yaitu pada periode 2003 s/d 2012 (9 tahun) telah terjadi perubahan volume sebesar 688,414 juta m<sup>3</sup>, atau laju sedimentasi rerata tahunan sebesar 1,62 juta m<sup>3</sup>/tahun. Jika dibandingkan pengukuran Tahun 2012 dibandingkan dengan pengukuran Tahun 1989 terjadi perubahan volume sebesar 34,47 juta m<sup>3</sup>, atau laju sedimentasi rerata tahunan sebesar 1,48 juta m<sup>3</sup>/tahun. Laju sedimentasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Laju Sedimentasi Waduk Kedungombo antara Tahun 1989 s/d 2012

Tahun	1989	1994	2003	2012
Volume waduk (m <sup>3</sup> )	723,16	711,23	703,42	688,41
Besar sedimentasi (juta m <sup>3</sup> )	-	11,93	7,81	14,59
Laju sedimentasi (juta m <sup>3</sup> )	-	2,39	0,87	1,62

(sumber: Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Sumberdaya air, 2006).

Secara fisik sedimentasi waduk akan menyebabkan penurunan elevasi air yang berakibat mengurangi manfaat waduk dan mengancam kelestarian waduk termasuk mengurangi luas lahan untuk KJA. Pendangkalan di waduk dapat menyebabkan penurunan kuantitas dan kualitas perairan serta merusak habitat organisme yang ada di dalamnya (Syarief 2003). Menurut UNEP-IETC/ILEC (2000) salah satu masalah lingkungan yang terjadi di danau dan waduk di seluruh dunia yaitu penurunan elevasi air. Selanjutnya dikemukakan bahwa penurunan elevasi air dapat disebabkan oleh penggunaan air yang berlebihan di danau atau waduk atau adanya sedimentasi. Sedimentasi yang terjadi bersumber terutama dari aktivitas di daerah aliran sungainya, yang disebabkan adanya penggundulan hutan atau pengolahan tanah yang mengabaikan aspek konservasi air dan tanah sehingga menyebabkan erosi tanah. Erosi tanah dalam jumlah besar yang masuk ke waduk atau badan air penerimanya, akan mengakibatkan terjadinya pendangkalan.

#### 2.4. Budidaya Ikan Di Keramba Jaring Apung

Teknologi budidaya dengan sistem keramba jaring apung (*net floating cage culture*/KJA) telah lama dikenal oleh masyarakat Indonesia. KJA sebagai tempat pemeliharaan ikan yang terbuat dari bahan jaring yang memungkinkan keluar masuknya air dengan leluasa sehingga terjadi pertukaran ke perairan sekitarnya. Definisi KJA menurut SNI 01-7222-2006, adalah wadah pembesaran ikan yang terdiri dari keramba jaring yang diapungkan dengan sebuah rakit di laut dan ditambatkan dengan menggunakan jangkar di setiap sudut. Komponen dalam KJA terdiri dari kerangka, pelampung, jangkar, pemberat jaring, penutup kantong jaring, bangunan fisik, dan peralatan pendukung lainnya.

Menurut Ditjen Perikanan Budidaya, pemilihan organisme yang dibudidayakan didasarkan atas beberapa pertimbangan atau kriteria antara lain:

1. Besarnya manfaat organisme bagi manusia seperti untuk bahan makanan, bahan baku industri, obat-obatan, dan sektor jasa;
2. Peluang untuk dapat diproduksi dengan teknologi dan biaya yang layak; dan
3. Pengaplikasian usaha budidaya tidak banyak menimbulkan gangguan terhadap kegiatan lain atau lingkungan.

Secara umum keuntungan dan batasan dalam teknik budidaya dengan KJA tersaji pada Tabel 3. Beberapa aspek penting yang perlu dipertimbangkan dalam kegiatan usaha budidaya dengan sistem KJA adalah pemilihan lokasi, konstruksi KJA, ketersediaan benih, perawatan keramba, pengendalian hama penyakit dan pemasaran (Lukman dan Hamdani, 2011).

Tabel 3. Kelebihan dan Kekurangan dari Teknik Budidaya KJA

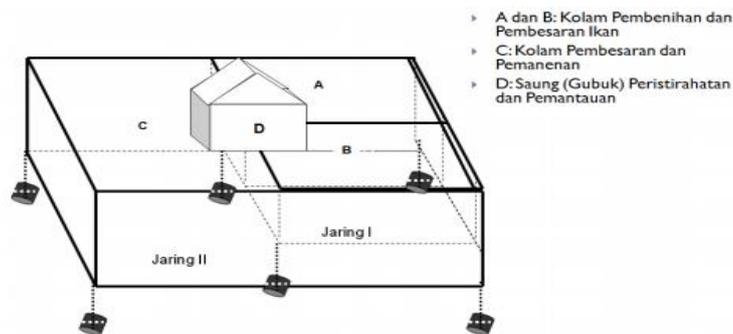
<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
Memungkinkan untuk memaksimalkan pemanfaatan seluruh badan air untuk memperoleh keuntungan ekonomi	Sulit diterapkan pada daerah dengan gelombang besar sehingga hanya terbatas pada lokasi yang terlindung
Mengurangi tekanan pada daratan	Harus didukung dengan keberadaan gudang pakan dan unit prosesing sehingga lokasi harus strategis

Memungkinkan membudidayakan lebih dari satu spesies dalam satu badan air	Membutuhkan sirkulasi air yang memadai untuk membersihkan sisa metabolisme dan menjaga kadar oksigen terlarut tetap tinggi serta untuk membersihkan penempelan ( <i>fouling</i> ) pada dinding jaring
Mudah dipindahkan	Sangat bergantung pada pakan buatan dan potensi kehilangan jumlah pakan melalui dinding jaring
Dapat menerapkan teknologi intensif dengan kepadatan tinggi, pemberian pakan yang optimum sehingga mengurangi masa pemeliharaan yang lebih panjang	Ikan alami menjadi pembawa potensial penyakit atau parasit
Mudah dalam mengendalikan kompetitor dan predator	Peningkatan tingkat kesulitan dalam penanganan penyakit dan parasit
Memudahkan dalam melakukan kontrol harian dan mendeteksi dini adanya kejadian penyakit serta biaya penanganan penyakit parasit lebih ekonomis	Resiko pencurian lebih tinggi
Mengurangi <i>fish handling</i> dan kematian	Jangka waktu investasi lebih pendek
Penanganan dan transportasi ikan hidup terfasilitasi	Adanya peningkatan biaya upah pekerja untuk penanganan, penyediaan benih, pakan dan pemeliharaan

Sumber : Beveridge (1996)

Praktek perikanan budidaya tidak lepas dari berbagai kendala dan permasalahan yang harus dihadapi, antara lain upaya meningkatkan kapasitas produksi, mempertahankan kualitas produk perikanan, dan isu-isu lingkungan yang dapat mengancam keberlanjutan aktivitas budidaya itu sendiri. Usaha budidaya ikan dengan intensif merupakan salah satu cara untuk meningkatkan produksi ikan, baik dilakukan secara monokultur ataupun polikultur. Seiring dengan

semakin sempitnya area budidaya perairan darat atau sistem tambak dan potensi munculnya berbagai permasalahan lingkungan, serta ancaman terhadap banjir, maka aplikasi Keramba Jaring Apung Bertingkat (KJAB) menjadi salah satu solusi yang tepat menuju praktek budidaya produktif dan berkelanjutan. Dalam beberapa tahun terakhir, budidaya ikan sistem KJA berkembang pesat (Gambar 3). Budidaya sistem KJA tersebut menjadi salah satu solusi terhadap permasalahan yang sering muncul pada budidaya sistem tambak, yaitu adanya banjir karena tingginya intensitas hujan pada musim tertentu sehingga dapat mengilangkan/menyapu biota budidaya. Salah satu usaha untuk meningkatkan kapasitas produksi ikan budidaya tanpa meningkat jumlah petakan keramba secara horizontal adalah dengan modifikasi jaring net keramba menjadi keramba jaring apung bertingkat (Putro, 2014; Putro *et al.*, 2015).



Gambar 3. Keramba Jaring Apung Bertingkat (KJAB)  
 Sumber: Putro, *et al.* (2013)

Salah satu metode dalam mengoptimalkan hasil produksi budidaya pada KJA adalah metode IMTA (*Integrated Multi Trophic Aquaculture*). IMTA adalah suatu metode untuk mengoptimalkan hasil perikanan melalui pemanfaatan sistem budidaya dengan pendekatan alamiah ekosistem sehingga mengoptimalkan hasil, efisiensi pakan dan diversifikasi produk. Menurut Barrington (2009), sistem IMTA merupakan praktik budidaya dengan lebih dari 1 kultivan atau polikultur yang memiliki hubungan mutualistik secara ekologis sebagai satu rantai makanan pada area atau sistem yang sama dalam waktu yang bersamaan. IMTA mulai diterapkan sebagai solusi terhadap mitigasi limbah yang dikeluarkan dalam marinkultur, akibat peningkatan efisiensi dari pakan sehingga tidak mencemari lingkungan. IMTA dapat digunakan hampir di seluruh wadah budidaya, baik laut maupun darat karena konsep keseimbangan ekosistem yang diterapkan (Putro et

al, 2015). Modifikasi KJAB telah sukses dilakukan di Danau Rawapening dan sukses meningkatkan kapasitas produksi ikan budidaya yaitu nila dan mas (Putro, 2014). Dan salah satu usaha meningkatkan kualitas lingkungan perikanan budidaya adalah menggunakan metode IMTA (Putro *et al.*, 2015).

## **2.5. Konsep Daya Dukung pada Akuakultur**

Keberlanjutan budidaya ikan pada perairan waduk sangat ditentukan oleh tingkat pemanfaatan sumberdaya tersebut yang tidak melebihi daya dukungnya. Mc Kindsey *et al.* (2006), menyebutkan bahwa daya dukung merupakan *ultimate constraint* yang diperhadapkan pada biota dengan adanya keterbatasan lingkungan seperti ketersediaan makanan, ruang, penyakit, siklus predator, oksigen, temperatur dan cahaya matahari. Sedangkan menurut Marzuki, dkk. (2013), bahwa daya dukung merupakan sebuah konsep yang mengekspresikan mengenai pembatasan dalam pemanfaatan dan pengendalian lingkungan untuk menjaga kelestarian sumberdaya sehingga sumberdaya tersebut dapat dikelola secara berkelanjutan.

Menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (UU RI No. 32, 2009) menyatakan bahwa *daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung perikehidupan manusia, makhluk hidup lain, dan keseimbangan antar keduanya*. Daya dukung lingkungan perairan adalah suatu yang berhubungan erat dengan produktivitas lestari perairan, artinya bahwa daya dukung lingkungan merupakan suatu mutu lingkungan yang ditimbulkan oleh interaksi dari semua unsur atau komponen (fisika, kimia dan biologi) dalam suatu kesatuan sistem (Ross *et al.*, 2013).

Konsep daya dukung dari akuakultur berawal dari kekhawatiran terhadap pesatnya pertumbuhan perikanan baik di perikanan darat maupun pesisir dan perairan terbuka di seluruh dunia, terutama Asia dan Amerika Latin. FAO memperkirakan pertumbuhan peningkatan budidaya untuk 2030 minimal 50 juta metrik ton, meningkatkan kekhawatiran lebih lanjut atas penggunaan sumber daya alam dalam akuakultur (FAO, 2014). Menurut Byron and Costa-Pierce (2010), pertumbuhan yang cepat dari kegiatan akuakultur dapat menyebabkan terjadinya

dampak ekologi dan sosial sehingga dapat menimbulkan konflik seperti kegiatan akuakultur akan bersaing dalam pemanfaatan ruang dan sumber daya terhadap tanah, air dan pantai.

Menurut Beveridge (1996), bahwa *carrying capacity* atau daya dukung lingkungan suatu perairan digunakan untuk menjabarkan produksi dari budidaya yang dapat berkelanjutan dalam suatu lingkungan dan kapasitas penyangga dalam lingkungan yang mengalami kerusakan memerlukan waktu pemulihan yang lebih lama. Lebih lanjut dikatakan bahwa untuk menentukan *carrying capacity* dalam suatu perairan budidaya dapat digunakan pendekatan yaitu dengan menghitung beban limbah total fosfor dari suatu sistem budidaya yang terbuang ke lingkungan perairan.

## **2.6. Pembangunan Berkelanjutan dan Konsep Budidaya Berkelanjutan**

Pembangunan berkelanjutan merupakan kebijakan global yang dicetuskan sebagai akibat akumulasi keprihatinan terhadap ketidakseimbangan antara pertumbuhan penduduk dengan kemampuan pemenuhan kebutuhan pangan, ketidakmerataan kesejahteraan umat manusia, dan kecenderungan timbulnya dampak lingkungan. Secara konseptual, pengertian pembangunan berkelanjutan berasal dari ilmu ekonomi yang terutama dikaitkan dengan persoalan efisiensi dan keadilan (*equity*) untuk menjamin keberlanjutan pembangunan ekonomi bagi kesejahteraan masyarakat. Pengertian dari segi ekonomi ini juga dilatarbelakangi oleh ilmu biologi yang membahas keberlanjutan dari segi kemampuan dan kesesuaian (*capability and sustainability*) suatu lokasi dengan potensi regenerasi/produktivitas lingkungan hidup.

Menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 pembangunan berkelanjutan adalah *upaya sadar dan terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi ke dalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan.* Lebih lanjut dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 bahwa penggunaan sumberdaya alam harus selaras, serasi, dan seimbang dengan fungsi lingkungan

hidup. Hal tersebut dapat dipenuhi dengan membuat kebijakan, rencana, dan/atau program yang wajib melakukan pelestarian lingkungan hidup.

WCED (*World Commission on Environment and Development*) menyelesaikan agenda pembangunan global dengan mengeluarkan dokumen *Our Common Future* pada tahun 1987, dalam dokumen dikemukakan bahwa tata ekonomi dunia menjadi pemicu kerusakan lingkungan dan mengusulkan pembangunan berkelanjutan. “Pembangunan Berkelanjutan” menjadi jalan tengah untuk mawadahi pembangunan berorientasi ekonomi dan kelestarian lingkungan. Pembangunan berkelanjutan mengintegrasikan nilai lingkungan, ekonomi, dan sosial dalam perencanaan sehingga tercipta pemerataan distribusi manfaat antar strata sosial ekonomi dan jender, dan tersedia peluang pembangunan bagi generasi mendatang. Berdasarkan definisi di atas maka pembangunan berkelanjutan ditopang oleh tiga pilar, yaitu 1) pembangunan lingkungan hidup, 2) pembangunan ekonomi dan 3) pembangunan sosial. Ketiga pilar saling terkait dan memperkuat satu sama lain (Kholil, dkk. 2014), bersifat dinamis dengan mendorong penggunaan sumberdaya yang didukung oleh pengembangan teknologi dan kelembagaan yang dapat mengawal pemenuhan kebutuhan generasi saat ini dan akan datang.

Sumberdaya perlu digunakan secara efisien untuk mencapai produksi optimal secara berkelanjutan dengan memelihara kestabilan dan menghindari eksploitasi sumberdaya yang berlebihan. Untuk menghindari eksploitasi yang berlebihan perlu dicapai suatu keseimbangan antara konsumsi dan ketersediaan sumberdaya. Pada sumberdaya tak terbarukan efisiensi ditempuh melalui konversi atau investasi kembali menjadi sumberdaya terbarukan. Kestabilan sumberdaya dilakukan melalui pemeliharaan keanekaragaman hayati, stabilitas atmosfer, dan fungsi ekosistem lainnya. Keberlanjutan sumberdaya juga ditandai oleh kemampuan pulih lingkungan terhadap gangguan dan kerusakan lingkungan. Pembangunan ekonomi berkelanjutan harus mampu memproduksi barang dan jasa secara berkelanjutan dan berkeadilan antara sektor terkait untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Peningkatan kesejahteraan dapat dicapai dengan dipenuhinya kebutuhan pangan, pakaian, perumahan, transportasi, kesehatan, dan pendidikan melalui penggunaan sumberdaya yang efisien. Pembangunan sosial

berkelanjutan dicapai dengan tercapainya keadilan, pemerataan pemenuhan kebutuhan dasar seperti kesehatan, pendidikan, persamaan gender, peranan politik dan partisipasi (Kholil, dkk, 2014). Pembangunan berkelanjutan menempatkan manusia sebagai pelaku pembangunan yang bersinergi satu sama lain dalam menggunakan sumberdaya secara efisien bagi peningkatan kesejahteraannya (*people oriented*) dan minim dampak lingkungan. Menurut Marzuki, dkk. (2013), penilaian keberlanjutan memiliki beberapa tujuan yaitu dalam upaya untuk (1) mencapai efisiensi penggunaan sumberdaya, (2) mendorong pencapaian tujuan berkelanjutan, dan (3) mengembangkan landasan ilmiah mempunyai dasar ilmiah dalam menilai keberlanjutan suatu aktifitas pembangunan. Efisiensi penggunaan sumberdaya dimaksudkan untuk menjamin ketersediaan sumberdaya dalam jangka panjang dan lintas generasi, menekan terjadinya konflik, mengoptimalkan jasa lingkungan dan pencapaian tujuan keberlanjutan pembangunan (Fauzi dan Anna, 2002). Adanya penilaian keberlanjutan memudahkan proses evaluasi. Landasan ilmiah penilaian keberlanjutan perlu dikembangkan karena memerlukan pemahaman ilmu lintas disiplin yaitu ilmu sosial, ekonomi, dan lingkungan. Penilaian keberlanjutan juga dapat dilakukan oleh pengambil kebijakan seperti pemerintah daerah, maupun pemerintah pusat, atau lembaga penelitian. Penilaian keberlanjutan juga sebaiknya dilaksanakan secara terus menerus, sehingga diperoleh informasi ilmiah terkait perkembangan pemanfaatan sumberdaya dan pola penggunaannya.

Paradigma pembangunan di bidang perikanan telah berevolusi dari paradigma konservasi (biologi) ke paradigma rasionalisasi dan sosial atau komunitas. Paradigma ini masih relevan sampai saat ini dalam kaitannya dengan pembangunan perikanan berkelanjutan. Menurut Fauzi dan Anna (2002), aspek – aspek pembangunan perikanan berkelanjutan antara lain:

1. *Ecological sustainability* (keberlanjutan ekologi), yaitu memelihara keberlanjutan stok atau biomassa sehingga tidak melewati daya dukungnya, serta meningkatnya kapasitas dan kualitas dari ekosistem menjadi perhatian utama.
2. *Socio-economic sustainability* (keberlanjutan sosio-ekonomi), yaitu bahwa pembangunan perikanan harus memperhatikan keberlanjutan dari

kesejahteraan pelaku perikanan pada tingkat individu. Dengan kata lain, mempertahankan atau mencapai tingkat kesejahteraan masyarakat yang lebih tinggi merupakan perhatian kerangka keberlanjutan ini.

3. *Community sustainability*, yaitu keberlanjutan kesejahteraan dari sisi komunitas atau masyarakat haruslah menjadi perhatian pembangunan perikanan yang berkelanjutan.
4. *Institutional sustainability*, yaitu keberlanjutan kelembagaan yang menyangkut pemeliharaan aspek finansial dan administrasi yang sehat merupakan prasyarat ketiga pembangunan berkelanjutan diatas.

## **2.7. Dimensi Keberlanjutan Budidaya Ikan Di Waduk**

Menurut Fauzi dan Anna (2002), tiga dimensi dalam keberlanjutan pengelolaan perikanan yaitu dimensi ekologi, dimensi ekonomi, dan dimensi sosial. Setiap dimensi dapat dipilih beberapa variabel atau atribut yang mewakili dimensi bersangkutan untuk digunakan sebagai indikator tingkat keberlanjutan dari dimensi tersebut.

### **1. Dimensi Ekologi**

Dimensi Ekologi menjadi dimensi kunci karena arahan pembangunan berkelanjutan mensyaratkan kesinambungan pemanfaatan sumberdaya alam dan jasa lingkungan bagi generasi mendatang. Keberlanjutan ekologi terkait dengan mempertahankan integritas ekosistem, menjaga daya dukung lingkungan perairan, serta meningkatkan kapasitas dan kualitas dari ekosistem perairan menjadi perhatian utama. Dimensi ekologi dipilih untuk mencerminkan bagaimana pemanfaatan sumberdaya perairan untuk budidaya ikan di waduk berdampak secara ekologis terhadap keberlanjutan sumberdaya dan lingkungan serta ekosistem tersebut sehingga kegiatan pemanfaatannya dapat berlangsung secara berkelanjutan.

### **2. Dimensi Ekonomi**

Arti berkelanjutan secara ekonomi adalah suatu kegiatan harus dapat menciptakan pertumbuhan ekonomi, pemeliharaan kapasitas, dan penggunaan sumberdaya serta investasi secara efisien. Dimensi ekonomi meliputi aspek permintaan (*demand*) dan penawaran (*supply*) komoditas yang dihasilkan,

harga, dan struktur pasar. Atribut ekonomi mencerminkan bagaimana budidaya di waduk berdampak secara ekonomis terhadap keberlanjutan kegiatan budidaya di waduk tersebut yang pada akhirnya akan berdampak pada keberlanjutan secara ekologis. Kegiatan budidaya di waduk yang menimbulkan kerugian secara ekonomis tentu kegiatan budidaya tidak akan berlanjut dan berpotensi untuk merusak lingkungan sehingga mengancam keberlanjutan ekologis.

### 3. Dimensi Sosial

Berkelanjutan secara sosial artinya adalah bahwa suatu pembangunan hendaknya dapat menciptakan pemerataan hasil-hasil pembangunan, mobilitas sosial, kohesi sosial, partisipasi masyarakat, pemberdayaan masyarakat, identitas sosial, kejadian-kejadian yang berpengaruh pada permintaan dan penawaran suatu hubungan antara pelaku ekonomi. Atribut sosial mencerminkan bagaimana kegiatan pemanfaatan sumberdaya perairan untuk budidaya di waduk berdampak terhadap keberlanjutan sosial komunitas setempat yang akhirnya juga akan berdampak terhadap keberlanjutan ekologis. Menurut Bengen dan Rizal (2002), aspek ekologis, ekonomi dan sosial merupakan aspek utama yang harus seimbang di dalam pembangunan berkelanjutan.

## 2.8. Parameter Kualitas Air

Pengujian terhadap beberapa parameter kualitas air ditetapkan berdasarkan pertimbangan ilmiah yang diperkirakan dapat memberikan reaksi sebab akibat terhadap penurunan kualitas air waduk maupun dampak terhadap lingkungan. Manajemen kualitas air adalah bahan utama untuk keberhasilan dalam budidaya ikan. Kualitas air di ekosistem apa pun memberikan informasi yang penting tentang sumber daya yang tersedia untuk mendukung kehidupan di ekosistem tersebut. Menurut Thirupathaiah *et al.* (2012), kualitas air yang baik tergantung pada sejumlah besar parameter fisika dan kimia. Menilai dan memantau parameter ini sangat penting untuk mengidentifikasi besar dan sumber beban pencemar. Beberapa parameter utama yang digunakan untuk pengujian kualitas air waduk adalah suhu, pH, DO, TSS, COD, BOD, Total-N, Total-P, dan amonia.

### **2.8.1. Suhu**

Suhu air merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap ekosistem perairan waduk. Perubahan suhu air mempengaruhi perubahan beberapa sifat fisika maupun kimia air seperti perubahan kelarutan berbagai gas dalam air ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$  dan  $CH_4$ ), sehingga berdampak terhadap aktifitas fisiologis organisme yang hidup didalamnya. Peningkatan suhu air dapat mengakibatkan penurunan kelarutan gas dalam air seperti  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$  dan  $CH_4$  (Effendi, 2003). Suhu merupakan faktor pembatas utama kehidupan di air, dimana setiap jenis organisme memiliki kisaran toleransi yang berbeda-beda terhadap suhu media tempat hidupnya. Ada organisme akuatik yang memiliki kisaran toleransi luas terhadap perubahan suhu lingkungan (euritermal) dan ada organisme akuatik mempunyai kisaran toleransi suhu yang sempit (stenotermal). Jadi suhu merupakan faktor pengendali (*controlling factor*) bagi proses respirasi dan metabolisme biota akuatik yang berlanjut terhadap pertumbuhan dan proses fisiologis serta siklus reproduksinya (Beveridge, 2004).

Perubahan suhu lingkungan juga mempengaruhi ikan dan organisme akuatik lainnya. Menurut Mallasen *et al.* (2012), peningkatan suhu perairan akan meningkatkan laju metabolisme dan secara bersamaan akan meningkatkan konsumsi oksigen yang akan menghasilkan amonia dan karbondioksida, perubahan nafsu makan dan juga mempengaruhi laju pertumbuhan ikan. Boyd (2004), menyatakan bahwa secara umum laju reaksi kimia dan biologi akan meningkat dua kali lipat setiap kenaikan suhu  $10^{\circ}C$ . Suhu perairan yang baik untuk budidaya ikan air tawar berkisar  $26 - 31^{\circ}C$ . Rata-rata suhu yang baik untuk budidaya ikan nilai yaitu  $23,5 - 26,8^{\circ}C$  (Zanatta *et al.*, 2010, Jiwyam and Chareontesprasit, 2012).

### **2.8.2. pH (Derajat Keasaman)**

Derajat keasaman merupakan gambaran dari jumlah atau aktivitas ion hidrogen di dalam air. Secara umum nilai pH air menggambarkan keadaan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaaan suatu perairan. Perairan dengan nilai  $pH = 7$  berarti kondisi air bersifat netral,  $pH < 7$  berarti kondisi air bersifat asam, sedangkan  $pH > 7$  berarti kondisi air bersifat basa (Effendi, 2003).

Keberadaan senyawa karbonat, bikarbonat dan hidroksida dalam air akan karbonat menaikkan keasaman suatu perairan.

pH yang tinggi pada suatu perairan disebabkan karena peningkatan aktivitas fotosintesis dan peningkatan dekomposisi bahan organik pada suhu yang tinggi dan masukan berbagai macam limbah ke badan air seperti limbah rumah tangga dan limbah pertanian (Yee *et al.*, 2012). Nyanti *et al.* (2012) melaporkan bahwa penurunan pH terjadi pada peningkatan kedalaman, hal ini terjadi karena bahan organik yang membusuk terutama dari tumbuhan di sekitar perairan dan kontribusi pakan berlebih dan limbah dari budidaya ikan. Yee *et al.* (2012), melaporkan bahwa nilai pH yang rendah berhubungan dengan rendahnya nilai oksigen terlarut dan tingginya nilai BOD karena konsumsi oksigen digunakan selama proses pemecahan bahan organik dari pakan yang berlebih dan hasil ekskresi ikan.

### **2.8.3. TSS (*Total Suspended Solid*)**

Total Suspended Solid (TSS) dalam air umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, kotoran manusia, kotoran hewan, lumpur, sisa tanaman, dan hewan serta limbah industri. Erosi tanah akibat hujan lebat dapat mengakibatkan naiknya nilai TSS secara mendadak. Menurut Nyanti *et al.* (2012), total padatan tersuspensi merupakan indikator jumlah erosi yang terjadi di dekat atau di hulu sungai. Parameter ini akan menjadi ukuran yang signifikan untuk melakukan suatu tindakan pengendalian. Menurut Boyd (2004), akumulasi besaran padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi cahaya, dengan demikian akan mengganggu proses fotosintesis dari fitoplankton dan alga.

### **2.8.4. BOD (*Biological Oxygen Demand*)**

Secara spesifik, BOD diartikan sebagai banyaknya oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme aerobik untuk dapat mendegradasikan senyawa-senyawa organik yang terdapat pada perairan. Karena oksidasi aerobik yang dilakukan mikroorganisme terjadi dengan memanfaatkan oksigen yang terlarut dalam air, maka oksidasi bahan organik berakibat terhadap penurunan konsentrasi oksigen terlarut (DO). Penurunan konsentrasi DO dapat terjadi sampai pada

tingkat konsentrasi terendah, tergantung pada banyaknya senyawa organik yang didegradasikan. Berdasarkan hal tersebut, maka nilai BOD merupakan salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran bahan organik pada suatu perairan (Nyanti *et al.*, 2012).

Oksigen terlarut merupakan kebutuhan dasar untuk kehidupan makhluk hidup didalam air maupun hewan terestrial. Penyebab utama berkurangnya oksigen terlarut di dalam air adalah adanya bahan-bahan buangan organik yang banyak menggunakan oksigen pada waktu penguraian bahan organik tersebut berlangsung. Perubahan konsentrasi oksigen terlarut dapat berpengaruh langsung yang berakibat pada kematian organisme perairan. Pengaruh yang tidak langsung adalah meningkatkan toksisitas bahan pencemar yang pada akhirnya dapat membahayakan organisme itu sendiri. Menurut Yee *et al.* (2012), nilai BOD yang tinggi di jaring KJA bagian bawah dimana nutrisi dan bahan organik dari ikan, sisa pakan dan hasil eksresi ikan, yang menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen khususnya musim kemarau, dimana ketika suhu air meningkat maka laju dekomposisi juga meningkat.

#### **2.8.5. COD (*Chemical Oxygen Demand*)**

Permintaan kimia oksigen (COD) merupakan indikator organik pada suatu perairan, dan juga biasanya digunakan bersama dengan permintaan oksigen biologi (BOD). Menurut Boyd (2004), COD adalah ukuran kerentanan untuk oksidasi bahan organik dan anorganik yang ada di badan air. Dengan demikian COD merupakan parameter yang dapat diandalkan untuk menilai tingkat polusi di perairan. Sedangkan menurut APHA (1995), nilai COD di perairan akan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi bahan organik dan anorganik.

#### **2.8.6. DO (*Dissolved Oxygen*)**

Oksigen terlarut menjadi faktor pembatas bagi kehidupan organisme akuatik. Menurut Effendi (2003), kadar oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) berfluktuasi secara harian dan musiman, tergantung pada pencampuran dan pergerakan massa air, aktivitas fotosintesi, respirasi dan limbah yang masuk ke badan air. Oksigen terlarut berasal dari proses difusi gas O<sub>2</sub> dari udara bebas

saat ada perbedaan tekanan parsial di udara dan masuk ke dalam air serta bersumber dari fotosintesa (Boyd, 2004). Menurut Yee *et al.* (2012), kelarutan oksigen dalam air akan menurun sejalan dengan kenaikan suhu sehingga kejadian deplesi oksigen biasanya terjadi pada malam hari saat kondisi surut.

Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai kondisi anaerob. Padat tebar yang tinggi dalam wadah pemeliharaan dan pemberian pakan yang tidak sesuai dapat menyebabkan turunnya konsentrasi oksigen terlarut dalam air, dimana sisa pakan dan sisa hasil metabolisme mengakibatkan tingginya kebutuhan oksigen untuk menguraikannya (Amankwaah *et al.*, 2014). Kadar oksigen terlarut dibawah 4 mg/l merupakan tingkat kritis dalam budidaya ikan (Mallasant *et al.*, 2012). Nsonga (2014), melaporkan bahwa tingkat DO antara 6,5 mg/l atau diatas 5 mg/l adalah tingkat ideal untuk budidaya ikan air tawar.

### **2.8.7. Nitrogen**

Nitrogen merupakan salah satu unsur yang esensial dalam tubuh semua makhluk hidup, yang berperan sebagai komponen dasar penyusun molekul asam amino dan protein. Selanjutnya, protein mempunyai bermacam-macam fungsi, yang antara lain adalah sebagai penyusun enzim dan hormon. Dalam air, amonia terjadi dalam dua bentuk, yang secara bersama-sama disebut Nitrogen Amoniak total. Secara kimiawi kedua bentuk ini direpresentasikan sebagai  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NH}_3$ .  $\text{NH}_4^+$  disebut amonia terionisasi karena memiliki muatan listrik positif, dan  $\text{NH}_3$  disebut Amonia yang tidak terionisasi (Amankwaah *et al.*, 2014).

Secara alami senyawa nitrogen di perairan berasal dari hasil metabolisme organisme air dan dari hasil proses dekomposisi bahan-bahan organik oleh bakteri. Kandungan nitrogen yang tinggi di suatu perairan dapat disebabkan oleh adanya masukan limbah seperti limbah domestik, perikanan, pertanian, peternakan dan limbah industri ke perairan tersebut. Pada perairan, senyawa nitrogen biasanya ditemukan dalam bentuk gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ), nitrit ( $\text{NO}_2$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ) dan amonia ( $\text{NH}_3$ ), dan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) serta beberapa senyawa nitrogen organik kompleks (Effendi, 2003). Biasanya pada perairan yang alami, senyawa nitrit ditemukan dalam konsentrasi yang sangat rendah, di mana kadarnya lebih

rendah dari pada senyawa nitrat. Hal ini disebabkan karena nitrit bersifat tidak stabil, sehingga jika terdapat oksigen yang cukup akan teroksidasi menjadi senyawa nitrat.

#### **2.8.8. Fosfat**

Fosfat pada ekosistem perairan terdapat dalam bentuk senyawa fosfor, yaitu : a) fosfor anorganik; b) fosfor organik dalam protoplasma tumbuhan dan hewan dan c) fosfor organik terlarut dalam air, yang terbentuk dari proses penguraian sisa-sisa organisme (Effendi, 2003). Secara alami, senyawa fosfat yang terdapat pada perairan bersumber dari hasil pelapukan batuan mineral seperti Fluorapatite ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ), Hydroxylapatite ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ) dan Whytlockite ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) dan dari hasil dekomposisi sisa-sisa organisme di dalam air. Selain sumber alami, senyawa fosfat juga dapat bersumber dari faktor antropogenik yang antara lain berasal dari limbah rumah tangga seperti deterjen, limbah pertanian (pupuk), limbah perikanan dan limbah industri. Sawyer dan Mc.Carty (1978) menyatakan bahwa senyawa fosfor anorganik yang terdapat pada perairan berada dalam dua bentuk, yakni :

1. Bentuk ortofosfat, yang terdiri dari trinitrium fosfat ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), dinatrium fosfat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ), mononatrium fosfat ( $\text{NaH}_2\text{HPO}_4$ ) dan diamonium fosfat ( $(\text{NH}_3)_2\text{HPO}_4$ ); dan
2. Bentuk polyfosfat, yang terdiri dari natrium hexametafosfat ( $\text{Na}_3(\text{PO}_3)_6$ ) dan natrium tripolifosfat ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ).

Orthofosfat merupakan bentuk senyawa fosfat yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan akuatik secara langsung sebagai sumber fosfat, sedangkan polyfosfat merupakan senyawa yang tidak dapat dimanfaatkan tumbuhan secara langsung, oleh sebab itu agar senyawa polyfosfat dapat dimanfaatkan tumbuhan akuatik sebagai sumber fosfat, maka senyawa polyfosfat harus terlebih dahulu mengalami hidrolisa menjadi senyawa ortofosfat. Kandungan ortofosfat yang optimal bagi pertumbuhan fitoplankton adalah 0,27 – 5,51 mg/l, di mana apabila konsentrasinya kurang dari 0,02 mg/l, maka fosfat akan menjadi faktor pembatas. Perairan dengan konsentrasi fosfat yang rendah (0,00-0,02 mg/l) akan didominasi oleh fitoplankton dari kelas *Chlorophyceae*, pada konsentrasi fosfat yang sedang

(0,02 – 0,05 mg/l) akan didominasi oleh kelas *Bacillariophyceae* (Diatoma), sedangkan pada konsentrasi fosfat yang tinggi (> 0,10 mg/l) akan didominasi oleh kelas *Cyanophyceae* (ganggang biru-hijau). Secara umum suatu badan air yang telah mengalami proses eutrofikasi dapat ditandai dengan adanya kenaikan konsentrasi nutrisi N dan P (Mallasen *et al.*, 2012). Boyd (2004), melaporkan bahwa konsentrasi fosfat yang diperbolehkan dalam badan air adalah 0,005 – 0,2 mg/l. ditambahkan oleh Santos *et al.* (2012), bahwa nilai fosfor yang diperkenankan dalam budidaya ikan nila yaitu 0,025 mg/l.

### **2.8.9. Amonia (NH<sub>3</sub>)**

Menurut Cao *et al.* (2007), amonia merupakan limbah nitrogen utama yang dihasilkan oleh hewan akuatik melalui hasil ekskresi ikan. Amonia sangat mempengaruhi dinamika oksigen terlarut dalam air karena 4,6 mg oksigen dibutuhkan untuk mengoksidasi 1,0 mg amonia (Boyd, 2004). Kadar amonia antara 3 sampai 4 mg/l sudah sangat beracun untuk ikan-ikan air tawar. Menurut Lucas dan Southgate (2012), kadar amonia yang baik diterima oleh ikan nila yaitu kurang dari 1 mg/l. kepadatan ikan yang tinggi, dengan pemberian pakan yang tinggi, sering mengurangi kadar oksigen terlarut dan meningkatkan konsentrasi amonia baik di dalam maupun di sekitar petak keramba, terutama jika tidak adanya pergerakan air yang melewati petak keramba (Karnatak dan Kumar, 2014).

## **2.9. Analisis Keberlanjutan**

Rapfish (*Rapid Appraisal for Fisheries*) merupakan teknik yang dikembangkan oleh University of British Columbia tahun 1999 untuk mengevaluasi keberlanjutan (*sustainability*) dari kegiatan perikanan secara multidisipliner. Rapfish adalah teknik statistik untuk penilaian secara cepat status perikanan, yang dinilai secara kuantitatif terhadap atribut yang telah dikelompokkan ke dalam bidang evaluasi atau dimensi, dimana penilaian setiap atribut ditentukan pada skala yang terbaik dan terburuk (Kavanagh and Pitcher, 2004). Rapfish didasarkan pada teknik ordinasasi (menempatkan sesuatu pada urutan atribut yang terukur) dengan menggunakan *Multi-Dimensional Scaling*

(MDS). Dimensi yang terdapat pada Rapfish menyangkut aspek keberlanjutan yang dilihat dari aspek ekologi, ekonomi, teknologi, sosial dan kelembagaan.

Penggunaan analisis Rapfish sebagai alat atau *tool* menggambarkan kondisi lestari sumberdaya perikanan terutama di waduk masih aktual dan dapat diterapkan di Indonesia. Menurut Fauzi dan Anna (2005), hal ini dikarenakan data-data aktual dari suatu wilayah pengelolaan yang berkelanjutan atas suatu wilayah pengelolaan perairan di Indonesia masih minim, sedangkan kebutuhan akan pengelolaan yang berkelanjutan atas wilayah tersebut semakin mendesak. Menurut Pauly (1999), metode Rapfish dapat digunakan untuk mendiagnosis masalah yang muncul di perikanan, dengan kata lain mengevaluasi “kesehatan” perikanan dengan membuat perbandingan. Ini dapat digunakan secara hierarki, mengungkapkan lebih detail dari hasil yang dikelompokkan berdasarkan spesies, sektor budidaya, sistem budidaya, dan wilayah geografis. Selain memberikan penilaian status perikanan yang cepat, metode Rapfish mungkin berguna dalam penentuan prioritas pengelolaan perikanan berdasarkan efek besar yang ditimbulkan dari kegiatan perikanan tersebut. Analisis Rapfish dimulai dengan mendefinisikan perikanan yang akan dianalisis dan ditentukan atribut-atribut yang berpengaruh terhadap keberlanjutan. Kemudian dilanjutkan dengan scoring terhadap masing-masing atribut, selanjutnya dilakukan analisis *Multi-Dimensional Scoring (MDS)* sekaligus dilakukan analisis *Leverage* dan analisis *Monte Carlo*. Menurut Fauzi dan Anna (2002) tahapan analisis data antara lain:

1. Penentuan atribut atau kriteria pengelolaan budidaya ikan sistem keramba jaring apung berkelanjutan, dalam penelitian ini berfokus pada dimensi ekologi, dimensi ekonomi dan dimensi sosial;
2. Penilaian setiap atribut dalam skala ordinal berdasarkan kriteria keberlanjutan setiap dimensi;
3. Menganalisis ordinasi nilai indeks keberlanjutan dengan menggunakan metode MDS;
4. Penentuan posisi indeks dan status keberlanjutan pada masing-masing dimensi yang dikaji; dan
5. Melakukan analisis sensitivitas menggunakan *Monte Carlo* dan *Leverage* untuk menentukan aspek ketidakpastian dan anomali dari atribut yang dianalisis.

Menurut Kavanagh dan Pitcher (2004), analisis *Leverage* digunakan untuk mengetahui atribut yang sensitif, ataupun intervensi yang dapat dilakukan terhadap atribut yang sensitif untuk meningkatkan status keberlanjutan. Analisis *Monte Carlo* digunakan untuk mendug pengaruh galat dalam proses analisis yang dilakukan pada selang kepercayaan 95%. Nilai stress dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) berfungsi untuk menentukan perlu tidaknya penambahan atribut untuk mencerminkan dimensi yang dikaji secara akurat. Model yang baik ditunjukkan dengan nilai stress di bawah nilai 0,25 dan nilai  $R^2$  mendekati 1, sehingga mutu dari analisis MDS dapat dipertanggungjawabkan.

## **2.10. Analisis SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities, Threats*)**

Salah satu cara penentuan strategi pengendalian pencemaran air sungai menggunakan analisis SWOT (*Strength, Weaknesses, Opportunitis, Threats*). Analisis SWOT merupakan suatu cara untuk menentukan strategi yang akan dilakukan yang dimulai dengan mengidentifikasi faktor internal dan eksternal terlebih dahulu. Menurut Rangkuti, (2013), bahwa komponen dalam analisis SWOT terdiri dari komponen faktor internal dan komponen faktor eksternal. Komponen faktor internal terdiri dari kekuatan (*Strength*) yang diartikan sebagai sebuah kekuatan dan potensi yang dimanfaatkan untuk menunjang pengembangan, serta kelemahan (*Weaknesses*) yang diartikan sebagai masalah yang dihadapi oleh dektor yang dikembangkan dan bisa menghambat pengembangan potensi yang ada. Komponen faktor eksternal terdiri dari peluang (*Opportunity*) yang diartikan sebagai peluang yang terdapat dari luar yang bisa dimanfaatkan untuk pengembangan potensi yang ada serta Ancaman (*Threats*) yang diartikan sebagai hambatan atau ancaman yang bisa mengganggu pengembangan potensi yang berasal dari luar.

Analisis SWOT menurut Rangkuti (2013) adalah berdasarkan logika yang bisa memaksimalkan kekuatan dan peluang namun secara bersamaan bisa meminimalkan kelemahan dan ancaman serta dilakukan melalui kegiatan pembobotan terhadap setiap komponen yang terdiri dari kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman Pembobotan sendiri merupakan upaya untuk mengetahui besar kecilnya nilai kekuatan, kelemahan, peluang serta ancaman yang selanjutnya

dibandingkan antara faktor internal dan faktor eksternal yang hasilnya digunakan untuk menentukan posisi dalam kuadran SWOT. Tahapan analisis SWOT yaitu

1. Menganalisis dan membuat matriks *Internal Factor Evaluation* (IFE);
2. Menganalisis dan membuat matriks *External Factor Evaluation* (EFE);
3. Menentukan nilai bobot dan rating;
4. Menganalisis dan membuat matriks SWOT; dan
5. Menyusun alternatif strategi.