

KUALITAS FISIKA DAN KIMIA AIR WADUK BATUTEGI LAMPUNG

WATER QUALITY OF PHYSICS AND CHEMISTRY OF BATUTEGI LAMPUNG RESERVOIR

Muhammad Ali^{*1,2}, Siti Nurul Aida^{1,3}

¹Peneliti Balai Riset Perikanan Perairan Umum dan Penyuluhan Perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan

²Staff Pengajar Program Studi D3 Budi Daya Perikanan Universitas PGRI Palembang

³Kandidat Doktor Ilmu Lingkungan Pasca Sarjana Universitas Sriwijaya

Email : *m_ali_brppu@yahoo.co.id

ABSTRAK

Waduk Batutege Lampung merupakan bendungan terbesar se-Asia Tenggara dan kegiatan perikanan tangkap telah terjadi sejak bendungan dioperasikan. Di sekitar waduk Batutege Lampung banyak lahan pertanian dan perkebunan, pemukiman, disamping itu usaha budidaya ikan pada keramba jaring apung berkembang pesat sehingga membawa dampak tekanan ekosistem perairan waduk, untuk itu perlu dilakukan kajian tentang kualitas air perairan waduk Batutege Lampung. Penelitian mengenai Fisika Kimia Perairan di Waduk Batutege Lampung bertujuan untuk menganalisis kondisi parameter fisika kimia perairan, parameter fisika kimia yang diukur adalah suhu air, DHL (Daya Hantar Listrik), kecerahan, TSS, pH, DO, NO₂, NO₃, NH₃ dan total fosfor. Penelitian dilakukan di Inlet (inlet muara way Sengarus, inlet muara way Sekampung, dan inlet muara way Rilau), St.Tengah (Gunung Batu), St. Curug Teras (di atasnya ada aktivitas tambang emas rakyat), dan Stasiun di sekitar *outlet* (Teras Boom). Hasil pengukuran DHL di perairan waduk Batutege berkisar antara 44,7 – 60,8 μ mhos/cm dengan rata-rata 48,075 μ mhos/cm. Berdasarkan pengamatan pada bulan Februari tahun 2017, oksigen terlarut (DO) waduk Batutege berkisar antara 5,2 hingga 6,88 mg/l. rata-rata 6,10 mg/l. Nilai kesadahan perairan waduk Batutege selama penelitian berkisar 19,02 – 96,1 mg/Liter CaCO₃, dengan rata-rata 39,54 mg/Liter CaCO₃. Kekeruhan atau turbidity perairan waduk Batutege berkisar antara 0,71 – 3,06 NTU dengan rata-rata 1,375 NTU. Hasil pengukuran TSS pada bulan Februari 2017 berkisar 2,0 – 12,33 mg/L, rata-rata 3,611 mg/L. Derajat keasaman (pH) perairan waduk Batutege berkisar antara 6,19 – 7,32 dengan nilai rata-rata 6,698 hal ini menunjukkan pH perairan waduk Batutege antar waktu pengamatan dan titik sampling tidak terlalu berfluktuasi. Berdasarkan konsentrasi fosfat, perairan yang mengandung fosfat kurang 1 g/l disebut perairan oligotrofik (miskin hara) dan apabila lebih dari 1 g/l termasuk perairan hipereutrofik (sangat kaya hara). Konsentrasi total fosfor (TP) di waduk Batutege berkisar antara 74,9 – 906,0 μ g/l dan rata-ratanya 291,0 μ g/l. Konsentrasi nitrat (NO₃) di waduk Batutege berkisar antara 0,012 – 0,727 mg/l dan rata-ratanya 0,381. Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia kualitas air menunjukkan hasil yang normal dan baik untuk kehidupan ikan.

Kata Kunci : Fisika kimia, Kualitas air, waduk Batutege Lampung

PENDAHULUAN

Propinsi Lampung mempunyai potensi perikanan air tawar di Perairan Umum Daratan yang terdiri dari sungai, danau, waduk, rawa dan genangan air lainnya seluas 205.000 Ha, dan diperkirakan peluang eksploitasi sebesar 15.000 ton/tahun, berupa jenis-jenis ikan ekonomis penting seperti patin, jelawat, gurame, nila, tawes, betutu, belida, gabus, baung, tambakan, sepat siam, belut, lebat/lundi, toman dan lain-lain serta berbagai jenis ikan hias yang cukup tinggi nilai ekonomisnya seperti arwana dan sebagainya (Laporan tahunan DKP Lampung, 2013).

Waduk merupakan ekosistem terbuka. Perairan ekosistem terbuka umumnya dipengaruhi oleh lingkungan di sekitarnya. Beberapa kegiatan yang mempengaruhi kualitas lingkungan perairan di waduk antara lain aktivitas pemukiman, rekreasi, penggunaan lahan di wilayah tangkapan air dan adanya kegiatan budidaya ikan keramba jaring terapung. Waduk merupakan tipe perairan umum yang dibuat untuk keperluan irigasi, PLTA, PAM, Perikanan, Pariwisata.

Dalam masa mendatang perairan waduk akan terus berkembang dengan seiring keperluan pertanian.

Di Indonesia terdapat sekitar 102 waduk besar dan kecil. Dari total waduk tersebut 80 % nya berada di pulau Jawa (KKNI-BB, 2011). Jumlah waduk besar (\geq 500 ha) berkisar 15 % dan sisanya (85 %) adalah waduk-waduk kecil. Waduk Batutege (diresmikan Megawati Soekarnoputri 8 Maret 2004 lalu), merupakan bendungan terbesar se-Asia Tenggara dengan luas 3.560 hektar dan luas daerah tangkapan hujan (*catchment area*) 424 km² terletak di Pekon Batutege, Kecamatan Air Nanningan, Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung. (Ridwan et al., 2013 dan Tribunlampung.co.id diakses agustus, 2016), namun waduk ini terus mengalami penurunan fungsi, karena pengaruh kebocoran dan siklus hidrologi. Dari hitungan BBWS Mesuji-Sekampung, luas waduk yang teraliri air maksimum 2.400 Ha. Normal 2.100 Ha dan minimum hanya 230 Ha, adanya tanaman air enceng-gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kiambang (*Salvinia natans*) yang tinggi di inlet waduk serta masih adanya penggunaan alat tangkap yang dilarang elektrofishing (*stroom*) sehingga berpengaruh terhadap sumber daya ikan.

Kemampuan suatu ekosistem perairan untuk menghasilkan ikan tergantung pada kondisi atau kualitas lingkungan perairan untuk menunjang kehidupan ikan, untuk tumbuh, berkembang biak dan menyediakan organisme pakan ikan. Kualitas lingkungan perairan dipengaruhi banyak faktor misalnya iklim dan kondisi di lingkungan daerah tangkapan air (*watershed*). Perubahan yang disebabkan iklim merupakan kejadian yang diluar kemampuan manusia namun perubahan di lingkungan tangkapan air dapat disebabkan oleh kegiatan manusia yang mengakuasiasi lingkungan untuk keuntungannya. Pemanfaatan atau pengambilan keuntungan dari sumberdaya alam perairan seringkali menimbulkan degradasi karakteristik fisika, kimia pada ekosistem perairan. Di sekitar waduk Batutegei Lampung banyak lahan pertanian dan perkebunan, pemukiman, disamping itu usaha budidaya ikan pada keramba jaring apung berkembang pesat sehingga membawa dampak tekanan ekosistem perairan waduk, untuk itu perlu dilakukan kajian tentang kualitas air perairan waduk Batutegei Lampung. Melalui penelitian di waduk Batutegei Lampung ini diharapkan dapat digunakan sebagai pengukuran kehidupan ikan di perairan sekitar dengan mengamati parameter fisika-kimia perairan yang dapat diamati meliputi suhu, Daya Hantar Listrik (DHL), kecerahan, TSS, pH, Oksigen terlarut, Nitrit, Nitrat, Amonia dan Total Fosfor.

Penelitian ini bersifat survei-eksploratif yang meliputi pengumpulan data dan informasi secara primer dan sekunder. Pelaksanaan kegiatan riset melibatkan para peneliti yang mempunyai keahlian di bidang penangkapan, Manajemen Sumberdaya Perairan, ekologi perairan, biologi ikan, dan sosial ekonomi perikanan.

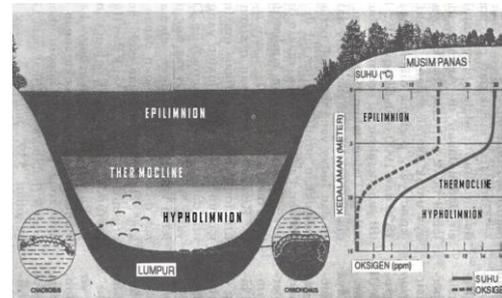
Penelitian dilaksanakan dengan pendekatan pengumpulan data primer dan data sekunder. Data sekunder dikumpulkan melalui penelusuran pustaka dan hasil penelitian yang relevan dari instansi terkait (Dinas Kelautan dan Perikanan terkait, Bappeda, BLH dan Perguruan Tinggi).

Waduk merupakan badan air yang terbentuk karena pembendungan aliran air sungai oleh manusia, yang mempunyai karakteristik fisika, kimia dan biologinya berbeda dengan sungai. Dengan terbentuknya sungai menjadi waduk maka kualitas air waduk lebih stabil dan produksi perikananannya lebih tinggi. Pembuatan waduk biasanya digunakan untuk keperluan pembangkit tenaga listrik, irigasi pertanian, pariwisata dan perikanan. Terbentuknya waduk yaitu karena pembedungan sungai, beberapa wilayah akan ditenggelamkan. Sehingga dasar waduk banyak materi materi yang terendam seperti kebun, rumah, dan lain sebagainya. Disamping itu waduk bentuknya tidak beraturan, banyak teluk, dan lain sebagainya. Waduk merupakan perairan yang relatif tergenang, aliran air tidak deras, ada daerah *inlet* (air masuk), ada daerah *outlet* (air keluar), ada daerah yang dalam dan ada daerah yang dangkal. Walaupun aliran air tidak deras namun sering terjadi gelombang yang disebabkan oleh angin yang kencang. Pengaturan air menggunakan pintu air di outlet, bila diperlukan untuk pengairan pertanian maka pintu air di buka, dan bila untuk menyimpan air maka pintu air ditutup. Sehingga waduk mempunyai fluktuasi air yang besar, kandungan lumpur biasanya banyak terdapat di dekat pintu air (Direktorat Pengelolaan Bengawan Solo, 2003)

Berdasarkan terbentuknya waduk maka waduk ada tiga macam yaitu waduk Lapangan, waduk irigasi dan waduk serba guna. Waduk lapangan terbentuk karena pembendungan sungai *episodic* (berisi air hanya saat hujan), luasan kurang dari 10 ha, kedalaman maksimal 5 m, masa berisi air kurang dari 9 bulan, fungsi irigasi lokal. Waduk irigasi terbentuk karena pembendungan sungai *intermiten* (berisi air saat musim penghujan), luasan 10–500 ha, kedalaman maksimal 25 m, masa simpan air 9-12 bulan, fungsi irigasi. Waduk serba guna terbentuk karena pembendungan sungai permanen, luasan lebih besar dari 500 ha, kedalam maksimal 100 m, masa berisi air 12 bulan; mempunyai fungsi sebagai irigasi, pembangkit tenaga listrik, sumber air minum, pengendali banjir (Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Sumberdaya air, 2006). Waduk mempunyai ciri fisik sebagai berikut; banyak teluk, daerah tangkap hujan luas, garis pantai panjang, pengeluaran air dari bawah, fluktuasi air besar (5-25 m), masa simpan air sebentar karena sering diperlukan untuk irigasi, daerah litoral luas, tidak terjal seperti danau (Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Sumberdaya air, 2006).

Tepian pantai (litoral) waduk yang cukup luas merupakan habitat biota air termasuk ikan dan banyak sumber makanan dari daratan. Perairan yang dalam memungkinkan adanya stratifikasi perairan berdasarkan suhu dan cahaya. Daerah tangkap hujan luas menyebabkan banyak nutrien yang masuk terbawa air masuk waduk. Garis pantai yang panjang juga menyebabkan banyak nutrien yang masuk dari daratan. Banyak teluk merupakan daerah yang tenang, terlindung dan stabil.

Waduk merupakan perairan yang tergenang dan relatif dalam maka berdasarkan suhu air di permukaan panas dan makin dalam secara bertahap suhu makin dingin. Namun pada kedalaman tertentu akan terjadi penurunan suhu yang menyolok. Berdasarkan lapisan suhu secara vertikal maka ada lapisan Epilimnion, termoklin dan hypolimnion (lihat Gambar 2.2.1). Lapisan Epilimnion yaitu lapisan yang berada permukaan, suhu panas. Lapisan termoklin yaitu lapisan dibawah epilimnion terjadi penurunan suhu yang tajam. Lapisan hypolimnion yaitu lapisan dibawah termoklin yang suhunya lebih dingin (Mitsch and Jorgensen, 2004).

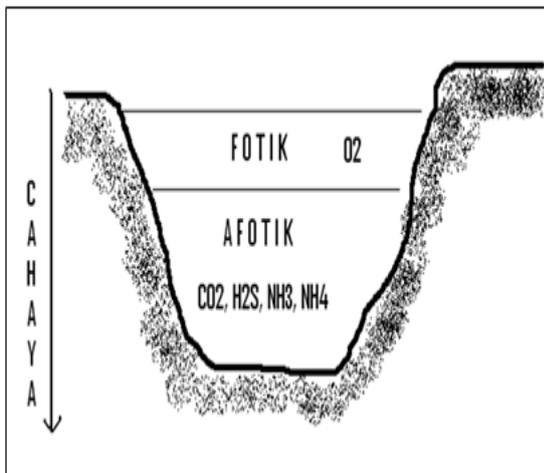


Sumber : Odum, 1996

Gambar 1. Lapisan Perairan Danau/Waduk Berdasarkan Suhu

Perairan waduk yang dalam berdasarkan cahaya matahari yang masuk maka lapisan Fotik dan Afotik (lihat Gambar 2.2.2). Lapisan fotik berada di permukaan, banyak cahaya matahari yang masuk, tumbuhan maupun

phyto-plankton dapat melakukan proses fotosintesa, kandungan oksigen relatif tinggi. Sedangkan lapisan afotik merupakan lapisan yang berada di dasar perairan, tidak ada sinar matahari yang masuk, tidak ada aktivitas fotosintesa. Lapisan afotik banyak terdapat gas CO_2 , H_2S , NH_3 , NH_4 sebagai hasil proses dekomposisi bahan organik yang mengendap di dasar perairan. Batas diantara lapisan fotik dan afotik disebut titik kompensasi, yaitu oksigen hasil fotosintesa impas untuk kebutuhan respirasi organisme yang ada di lapisan tersebut.



Gambar 2. Lapisan Perairan Danau/Waduk Berdasarkan Cahaya yang Masuk.

Pada saat musim penghujan apabila beberapa hari terjadi hujan terus menerus maka suhu permukaan menjadi dingin, berat jenis air menjadi besar, maka akan terjadi perputaran air secara vertikal, lapisan atas turun ke bawah dan lapisan bawah naik ke atas. Peristiwa ini disebut "UP-WELLING" (Odum, 1996). Teraduknya air menyebabkan nutrient bisa merata, sehingga perairan menjadi subur. Namun sering juga terjadi gas beracun seperti CO_2 , NH_3 , NH_4 , H_2S di dasar perairan juga ikut teraduk ke atas sehingga akan menyebabkan kematian ikan, terutama ikan yang dipelihara di Keramba Jaring Apung. Kejadian ini telah menimpa beberapa kali di Waduk Jatiluhur dan Cirata, peristiwa tersebut oleh masyarakat setempat dinamakan "UMBALAN".

Selanjutnya dikatakan oleh Krismono, 2003 bahwa terjadinya Upwelling di waduk mempunyai indikasi sebagai berikut transpiransi air mengecil, kelimpahan *Microcystis sp.*, menurunnya kadar oksigen, menurunnya kedalaman air di inlet. Penurunan kadar oksigen dan teraduknya gas beracun dari dasar perairan akan menyebabkan kematian masal bagi ikan.

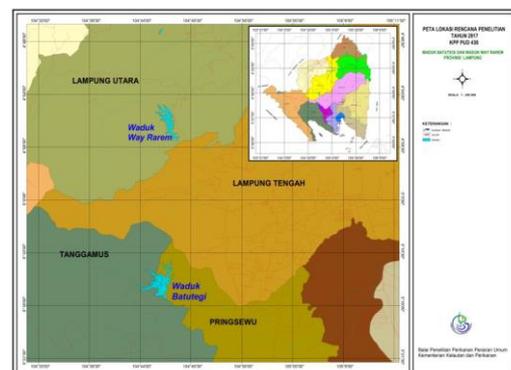
Menurut Effendi, 2000, menyatakan bahwa perairan oligotrophic mempunyai kadar Fospor total kurang dari 10 ($\mu\text{g/l}$), Nitrogen total kurang dari 200 ($\mu\text{g/l}$), Klorofil-a kurang dari 4 ($\mu\text{g/l}$). Perairan Mesotrophic mempunyai kadar Fospor total 10-20 ($\mu\text{g/l}$), Nitrogen total 200-500 ($\mu\text{g/l}$), Klorofil a 4-10 ($\mu\text{g/l}$). Sedangkan perairan eutrophic mempunyai kadar Fospor total lebih besar 20 ($\mu\text{g/l}$), Nitrogen total lebih besar 500 ($\mu\text{g/l}$), Klorofil-a lebih besar 10 ($\mu\text{g/l}$).

Perairan Danau yang dalam biasanya Oligotrophic (miskin unsur hara), sedangkan Waduk pada umumnya mesotrophic (unsur hara sedang) (Odum 1996; Mitsch

and Jorgensen 1934). Perairan Oligotrophic mempunyai lapisan hypolimnion yang besar dibanding epilimnion, densitas plankton kecil, perairan jernih, tumbuhan litoral kurang. Sedangkan perairan Eutrophic seperti rawa kaya nutrien, densitas plankton tinggi, kecerahan kurang, banyak tumbuhan litoral. Kandungan nutrien di waduk tinggi disebabkan karena sungai dan anak sungai yang masuk ke waduk banyak, daerah tangkap hujan luas, sering mendapatkan masukan nutrient dari pemelihara ikan di Waduk. Perairan waduk dapat mengalami eutrofikasi (pengayaan unsur hara) bila ada masukan kadar fosfor dan nitrogen. Eutrofikasi dapat menyebabkan blooming algae, tumbuhan air berkembang pesat. Keadaan tersebut akan mengganggu fungsi waduk sebagai sumber air minum dan wisata.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Waduk Batutegei Kabupaten Tanggamus, Propinsi Lampung.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian

Parameter kualitas air yang digunakan sebagai data dukung meliputi; Parameter fisika, kimia dan biologi berdasarkan metode APHA 1995 (Tabel 1).

Tabel 1. Parameter dan Metode Analisis Sampel Air

PARAMETER	ALAT	METODE
Fisika		
Kedalaman	Echo depth	Akustik
Keccerahan	Secchi disk	Visual
Daya Hantar Listrik	Conductivity meter	Instrumentasi
Suhu	Termometer digital	Instrumentasi
Kimia		
Oksigen terlarut	Alat titrasi	Yodometri Modifikasi Azida (Winkler)
Karbon dioksida	Alat titrasi	Trimetri dengan NaOH
Nitrat (N-NO_3)	Spektrofotometer	Brucine sulfat
Total Ammonia (N-NH_3)	Spektrofotometer	Fenat
Total Phosphorous (T-PO_4)	Spektrofotometer	Persulfate Digestion dengan Asam

		Askorbat
Biologi		
Plankton	Plankton-net	
Bentos	Ekman dredge	
Chlorophyll a	Spektrofotometer	Spektrofotometri $\lambda = 630; 647;$ 664 nm

Sumber (Source): APHA 1995

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kedalaman dan Kecerahan

Berdasarkan pengamatan bulan Februari, Agustus dan November tahun 2017, kedalaman perairan Waduk Batutege pada stasiun penelitian berkisar antara 0,7 hingga 79,5 m dengan rata-rata 21,189 m. Waduk Batutege mempunyai kedalaman lebih dari 70 meter di bagian outlet. Kisaran kedalaman tersebut didapatkan pada stasiun sampling yang telah ditentukan sebelumnya yaitu : Inlet (inlet muara way Sengarus, inlet muara way Sekampung, dan inlet muara way Rilau), St.Tengah (Gunung Batu), St. Curug Teras (di atasnya ada aktivitas tambang emas rakyat), dan Stasiun di sekitar outlet (Teras Boom). Rata-rata kedalaman keseluruhan waduk pada saat survey menggunakan alat akustik bulan Agustus yaitu 38,5 m. Kedalaman perairan tertinggi terjadi pada bulan Agustus 2017 yaitu 79,5 m di stasiun Outlet pada titik GPS: S: 05°14'50,7" dan E: 104°46'35,0". Berdasarkan kedalaman yang didapatkan saat ini dan luasan yang ada, maka waduk Batutege sangat berpotensi untuk pengembangan perikanan tangkap.

Kecerahan perairan merupakan ukuran transparansi perairan yang ditentukan secara visual menggunakan kepingan secchi (secchi disk). Tingkat kekeruhan air tersebut dinyatakan dengan suatu nilai yang dikenal dengan kecerahan *secchi disk* Jeffries dan Mills dalam Effendi (2003). Nilai kecerahan rendah menandakan bahwa tingkat kekeruhan tinggi. hal ini dapat berpengaruh pada terganggunya sistem osmoregulasi, misalnya pernafasan dan daya lihat organisme akuatik. Batas kecerahan atau batas kedalaman secchi disk berdasarkan pengamatan pada bulan Februari, Agustus dan November tahun 2017, didapatkan berfluktuatif disetiap stasiun pengamatan. Kecerahan perairan waduk Batutege berkisar antara 70 hingga 330 cm. Rata-rata yaitu: 173 cm. Semua kecerahan pada titik pengamatan di waduk ini mempunyai nilai kecerahan di atas 100 cm atau satu meter, kecuali pada inlet Way Rilau pada bulan Agustus dan November. Hal ini disebabkan karena kecerahan pada perairan yang tergenang (lentik), pada waduk berkaitan erat dengan tingkat kekeruhan pada perairan sungai-sungai yang masuk mengalir ke perairan waduk, bahan tersuspensi yang berupa koloid dan partikel-partikel halus, disamping itu berhubungan pula dengan segala aktifitas penggunaan lahan pada daerah tangkapan air waduk. Adanya aktifitas pemanfaatan lahan disekeliling waduk (persawahan dan pemukiman) memungkinkan terjadinya pemasukan partikel-partikel koloid organik ke perairan waduk yang menimbulkan

tingkat kekeruhan menjadi tinggi, ini terjadi ketika datangnya musim hujan.

Secara normal pada perairan yang lebih dalam mempunyai nilai kecerahan yang relatif lebih tinggi. Nilai kecerahan tergantung dengan keadaan cuaca, waktu pengukuran, warna air, kekeruhan dan padatan tersuspensi yang ada didalam perairan. Perairan yang mengalami penyuburan yang relatif cepat seperti Rawa Pening memiliki kisaran nilai kecerahan perairan 40-102 cm (Aida dan Utomo, 2015), Kecerahan adalah parameter fisika yang erat kaitannya dengan proses fotosintesis pada suatu ekosistem perairan. Kecerahan yang tinggi menunjukkan daya tembus cahaya matahari yang jauh kedalam perairan (Erikarianto, 2008; Kordi dan Andi (2009), kecerahan adalah sebagian cahaya yang diteruskan kedalam air dan dinyatakan dalam (%). Kemampuan cahaya matahari untuk tembus sampai ke dasar perairan. Kecerahan suatu perairan dapat mengetahui sampai dimana masih ada kemungkinan terjadi proses asimilasi dalam air, lapisan-lapisan manakah yang tidak keruh, yang agak keruh, dan yang paling keruh. Air yang tidak terlampaui keruh dan tidak pula terlampaui jernih, baik untuk kehidupan ikan. (Effendi, 2003). Berdasarkan klasifikasi yang dikemukakan oleh Novotny dan Olem (1994) dalam Effendi (2003) Waduk Batutege dengan kecerahan secchi rata-rata berkisar 0,7-3,3 meter mengklasifikasikan tingkat kesuburan waduk termasuk dalam tingkatan eutrofik (kesuburan tinggi hingga mesotrofik (kesuburan sedang).

Suhu Perairan

Suhu perairan waduk Batutege berdasarkan pengamatan bulan Februari, Agustus dan November tahun 2017 berkisar antara 25 hingga 32 °C, rata-rata 28,57°C. Suhu perairan waduk Batutege masih cukup baik dalam mendukung kehidupan ikan. Ini dapat diartikan bahwa sampai pengukuran kedalaman 15 meter kondisi suhu perairan masih baik karena tidak terjadi perubahan suhu yang besar dibandingkan lapisan atasnya. Sesuai dengan pernyataan bahwa peningkatan suhu dapat menyebabkan peningkatan metabolisme dan respirasi organisme air, dan selanjutnya mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen. Sedangkan menurut Haslam (1995), Peningkatan suhu menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba dan juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air. Nilai suhu waduk Batutege masih dalam kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan biota di perairan yaitu antara 20 hingga 30°C serta merupakan suhu permukaan danau yang umum di wilayah tropis yang berkisar 28 - 29 °C (Nybakken, 1988).Suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme organisme, karena itu penyebaran organisme baik dilautan maupun diperairan tawar dibatasi oleh suhu perairan tersebut. Suhu sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kehidupan biota air. Secara umum, laju pertumbuhan meningkat sejalan dengan kenaikan suhu, dapat menekan kehidupan hewan budidaya bahkan menyebabkan kematian bila peningkatan suhu secara ekstrim (Kordi dan Andi, 2009).Menurut Handjojo dan Djoko Setianto (2005) dalam Irawan (2009), suhu air normal adalah suhu air yang memungkinkan makhluk hidup dapat melakukan metabolisme dan berkembang biak. Suhu merupakan faktor fisik yang sangat penting di air.

Konduktivitas (Daya Hantar Listrik)

Daya hantar listrik perairan yang alami adalah suatu ukuran kemampuan perairan untuk menghantarkan arus listrik (Boyd, 1979). Konduktivitas atau daya hantar listrik berhubungan erat dengan kandungan unsur-unsur terionisasi dalam air, nilainya dapat memberikan gambaran banyaknya garam-garam yang terlarut atau terionisasi dalam suatu perairan. Dalam perairan lunak (*soft waters*) untuk kehidupan yang layak, ikan dapat mentolerir nilai DHL yang berkisar antara 150-500 $\mu\text{mhos/cm}$ (Ellis dalam Sylvester, 1958). Diatas 500 $\mu\text{mhos/cm}$ ikan mulai mengalami keadaan stres dan bila nilainya diatas 1000 $\mu\text{mhos/cm}$, ikan tidak dapat bertahan lagi. Pada perairan tawar yang sadah, ikan dapat hidup bertahan dalam perairan dengan nilai DHL yang yaitu sekitar 2000 $\mu\text{mhos/cm}$. Hasil pengukuran DHL di perairan waduk Batutegei berkisar antara 44,7 – 60,8 $\mu\text{mhos/cm}$ dengan rata-rata 48,075 $\mu\text{mhos/cm}$. Nilai-nilai DHL dengan kisaran tersebut diatas menunjukkan nilai yang relatif baik bagi kehidupan ikan (Kartamihardja *et al.*, 1987). Bila dibandingkan dengan nilai DHL waduk Gajah Mungkur dengan nilai diatas 2500 $\mu\text{mhos/cm}$ (Aidaet *al.*, 2011), mengindikasikan bahwa perairan waduk Batutegei mempunyai kandungan garam-garam mineral yang tergolong rendah dan masih tergolong normal untuk perairan alami apabila mengacu kepada rentang nilai yang dikemukakan Boyd (1979) yaitu 20-1500 $\mu\text{mhos/cm}$.

Karbendioksida Bebas (CO_2) dan Oksigen Terlarut (mg/l)

Konsentrasi karbendioksida bebas (CO_2) di perairan tergantung dengan berbagai faktor. Proses asimilasi langsung dari udara, respirasi mahluk hidup di dalam perairan menghasilkan karbendioksida. Berdasarkan pengamatan bulan Februari dan Agustus tahun 2017 di waduk Batutegei. Konsentrasi CO_2 bebas di waduk Batutegei berkisar antara 0,176 hingga 2,2 mg/l dengan rata-rata 0,829 mg/l .

Menurut Kordi dan Tancung (2007), karbendioksida (CO_2) sangat mudah larut dalam suatu larutan. Pada umumnya perairan alami mengandung karbendioksida sebesar 2 mg/l . Karbendioksida (CO_2) merupakan gas yang dibutuhkan oleh tumbuh-tumbuhan air yang renik maupun tingkat tinggi untuk melakukan fotosintesis. Istilah karbendioksida bebas (*free CO_2*) digunakan untuk menjelaskan CO_2 yang terlarut dalam air, selain yang berada dalam bentuk terikat sebagai ion bikarbonat (HCO_3^-) dan ion karbonat (CO_3^{2-}), CO_2 bebas menggambarkan keberadaan gas CO_2 di perairan yang membentuk kesetimbangan dengan CO_2 di atmosfer, pH juga mempengaruhi konsentrasi karbendioksida terlarut (CO_2). Menurut Alffandi (2009) dan Effendi (2003) karbendioksida di perairan berasal dari difusi dari atmosfer, air hujan, air yang melewati tanah organik, karbendioksida hasil dekomposisi ini akan terlarut dalam air, respirasi tumbuhan, hewan dan bakteri aerob maupun anaerob respirasi tumbuhan dan hewan mengeluarkan karbendioksida.

Konsentrasi oksigen terlarut (*Disolved Oxygen*) di perairan tergantung dengan berbagai faktor. Proses difusi langsung dari udara dan proses fotosintesa yang terjadi di dalam perairan menghasilkan oksigen terlarut. Berdasarkan pengamatan pada bulan Februari dan

Agustus tahun 2017, oksigen terlarut (DO) waduk Batutegei berkisar antara 5,2 hingga 6,88 mg/l . rata-rata 6,10 mg/l . Oksigen terlarut (DO) dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan. Kecepatan difusi oksigen dari udara, tergantung dari beberapa faktor, seperti kekeruhan air, salinitas, pergerakan massa dan udara, suhu yang semakin tinggi semakin berkurang tingkat kelarutan oksigen (Wibisono, 2005). Keberadaan oksigen terlarut ini sangat memungkinkan untuk langsung dimanfaatkan bagi kebanyakan organisme untuk kehidupan, antara lain pada proses respirasi dimana oksigen diperlukan untuk pembakaran (metabolisme) bahan organik sehingga terbentuk energi yang diikuti dengan pembentukan CO_2 dan H_2O . Kebutuhan oksigen pada ikan mempunyai kepentingan pada dua aspek, yaitu kebutuhan lingkungan bagi spesies tertentu dan kebutuhan konsumtif yang terkandung pada metabolisme ikan (Kordi dan Andi, 2009). Oksigen terlarut sangat penting untuk kelangsungan hidup semua organisme air (tidak hanya ikan tetapi juga invertebrata). Faktor utama yang berkontribusi terhadap perubahan tingkat oksigen terlarut adalah dekomposisi bahan organik (Wetzel 2001). Mengetahui dengan tepat pola distribusi horizontal dan vertikal suhu dan oksigen terlarut adalah penting untuk pengelolaan waduk (Moreno-Ostos *et al.*, 2006).

Total Alkalinitas dan Kesadahan

Dalam Effendi (2003) Alkalinitas sebagai kandungan basa yang dapat dititrasikan dengan asam kuat, seperti basa dari kation Ca, Mg, K, Na, NH_4 dan Fe yang umumnya bersenyawa dengan anion karbonat, bikarbonat, asam lemak dan hidroksil. Besaran nilai alkalinitas suatu perairan dapat menunjukkan kapasitas penyangga (*buffer capacity*) perairan itu dan dapat digunakan untuk menduga kesuburannya. Hasil pengukuran alkalinitas di perairan waduk Batutegei berkisar antara 3,0 - 24 mg/l dengan nilai rata-rata 13,667 mg/l . Berdasarkan nilai-nilai alkalinitas dengan kisaran tersebut diatas menunjukkan nilai baik bagi kehidupan ikan sepanjang waktu dan di badan perairan dan mengindikasikan bahwa perairan waduk Batutegei mempunyai kandungan garam-garam mineral yang tergolong rendah. Alkalinitas atau total alkalinitas adalah konsentrasi total dari unsur basa-basa yang terkandung dalam air dan biasa dinyatakan dalam mg/L atau setara dengan kalsium karbonat (CaCO_3) dalam air, basa-basa yang terkandung biasanya dalam bentuk ion karbonat dan bikarbonat (Kordi dan Tancung, 2007).

Nilai kesadahan perairan waduk Batutegei selama penelitian berkisar 19,02 – 96,1 mg/Liter CaCO_3 , dengan rata-rata 39,54 mg/Liter CaCO_3 . Mengacu kepada Sawyer dan McCarty (1967) dalam Boyd (1979), karakteristik kesadahan perairan waduk Batutegei tergolong menengah.

Turbidity

Kekeruhan atau turbidity perairan waduk Batutegei berkisar antara 0,71 – 3,06 NTU dengan rata-rata 1,375 NTU. Salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat kekeruhan suatu perairan adalah konsentrasi padatan yang terlarut maupun yang tersuspensi. Padatan-padatan tersebut terbawa run off dan aliran sungai masuk ke

perairan. Kekeruhan didasar perairan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan permukaan karena terjadi pengendapan. Tingkat kekeruhan mencerminkan tingkat kesuburan. Kekeruhan pada perairan yang tergenang (lentik), misalnya danau, lebih banyak disebabkan oleh bahan tersuspensi yang berupa koloid dan partikel-partikel halus. Kekeruhan air yang mengandung material yang kasat mata dalam larutan tersebut keruh. Kekeruhan yang baik adalah kekeruhan yang disebabkan oleh jasad renik atau plankton. Kekeruhan sangat ditentukan oleh partikel-partikel terlarut dan lumpur. Semakin banyak partikel atau bahan organik terlarut maka kekeruhan akan meningkat. Kekeruhan atau konsentrasi bahan tersuspensi dalam perairan akan menurunkan efisiensi makan dari organisme (Sembiring, 2008). Kekeruhan dan warna air dapat terjadi karena adanya zat-zat koloid berupa zat-zat yang terapung serta terurai secara halus sekali, lumpur, amonia dalam air bisa berasal pembuangan domestik, pembusukan zat organik, adanya pencemaran pertanian. Kekeruhan yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi, misalnya pernafasan dan daya lihat organisme akuatik, serta dapat menghambat penetrasi cahaya kedalam air. Tingginya nilai kekeruhan juga dapat mempersulit usaha penyaringan dan mengurangi efektifitas desinfeksi pada proses penjernihan air (Effendi, 2003).

Total Suspended Solid (TSS)

Jumlah Padatan tersuspensi adalah jumlah padatan yang tersuspensi (diameter > 1 μ m) yang dihasilkan dari proses filtrasi terhadap air dengan menggunakan membran filter berdiameter 0,45 μ m (Effendi, 2003). TSS dapat berupa lumpur dan pasir-pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Pengukuran TSS dimaksudkan untuk mengetahui besaran partikel solid dalam satuan ppm yang masuk ke dalam badan perairan waduk. Hasil pengukuran pada bulan Februari dan Agustus 2017 berkisar 2,0 – 12,33 mg/L, rata-rata 3,611 mg/L.

Derajat Keasaman / pH Perairan

Derajat keasaman(pH) perairan waduk Batutege berkisar antara 6,19 – 7,32 dengan nilai rata-rata 6,698 hal ini menunjukkan pH perairan waduk Batutege antar waktu pengamatan dan titik sampling tidak terlalu berfluktuasi. Boyd (1988) dan NTAC (1968) menyatakan bahwa perairan yang ideal untuk mendukung kehidupan ikan dan organisme air sebagai makanan ikan adalah perairan yang mempunyai pH berkisar antara 6,5 sampai 8,5. Berdasarkan keterangan tersebut diatas, maka perairan waduk Batutege tergolong perairan yang sangat ideal mendukung kehidupan ikan dan organisme perairan lainnya sebagai makanan ikan. Nilai pH yang baik untuk pertumbuhan ikan di perairan perairan tawar umumnya berkisar 5,5 - 7 (Wetzel (2001). Derajat keasaman atau pH air menunjukkan aktifitas ion hydrogen dalam larutan tersebut dan dinyatakan sebagai konsentrasi ion hydrogen (dalam nol per liter) pada suhu tertentu atau dapat ditulis $pH = - \log (H^+)$ (Kordi dan Tancung, 2007). Berdasarkan keterangan tersebut diatas, maka perairan waduk Batutege ditinjau dari parameter pH tergolong perairan yang masih ideal mendukung kehidupan ikan dan organisme perairan lainnya sebagai makanan ikan.

Konsentrasi Orthoposfat (PO_4^{3-})

Orthoposfat adalah bentuk hara makro anorganik. Di dalam ilmu kesuburan tanah digunakan istilah 'P-tersedia' artinya bentuk hara fosfat yang dapat dimanfaatkan/diserap secara langsung oleh tanaman. Nutrisi yang paling penting dalam menentukan produktivitas perairan menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan makhluk hidup. Namun ketersediaan hara ini sangat tergantung dengan kondisi derajat keasaman (pH), bentuk P-tersedia (PO_4^{2-}) maksimum pada kondisi pH 5,5-7,5. Hasil pengukuran fosfat waduk Batutege berkisar antara 0,2 – 53,0 μ g/l dan rata-ratanya 27,0 μ g/l.

Fosfat adalah bentuk unsur hara fosfor (P) inorganik terlarut yang tersedia bagi fitoplankton dan tumbuhan air, biasanya disebut *soluble reactive phosphorous* (SRP). Fosfat berasal dari aliran sungai dan pengendapan, hampir setengah dari fosfor yang terkandung dalam limbah rumah tangga berasal dari detergen (Golman and Horne, 1983). Fosfat terlarut merupakan unsur hara utama yang paling terbatas ketersediaannya dibanding kebutuhan karena jumlahnya kurang 1% dari total (Lean, 1973). Berdasarkan konsentrasi fosfat, perairan yang mengandung fosfat kurang 1 g/l disebut perairan oligotrofik (miskin hara) dan apabila lebih dari 1 g/l termasuk perairan hipereutrofik (sangat kaya hara). Namun air waduk Batutege masih termasuk kelas I, yaitu peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum karena menurut PP RI No 82 tahun 2001 mensyaratkan kandungan fosfat dalam air kelas I adalah 0,2 mg/L.

Total Fosfor.

Konsentrasi total fosfor (TP) di waduk Batutege berkisar antara 74,9 – 906,0 μ g/l dan rata-ratanya 291,0 μ g/l. Menurut Novotny dan Olem (1994); perairan oligotrofik (kesuburan rendah) bila kandungan total fosfor kurang dari 10 μ g/L, mesotrofik (kesuburan sedang) bila kandungan fosfor total antara 10 – 35 μ g/L, eutrofik (kesuburan tinggi) bila kandungan fosfor total lebih dari 35 – 100 μ g/L, hipertrofik bila kandungan fosfor total > 100 μ g/L. Dengan demikian waduk Batutege sudah termasuk perairan antara eutrofik – hipertrofik. Kandungan TP waduk Batutege pada Outlet sangat tinggi, karena daerah tersebut merupakan akumulasi perairan yang masuk dari inlet dan litoral waduk yang banyak daerah pertanian dan limbah pertanian. Keberadaan fosfor yang tinggi di perairan dapat menstimulir pertumbuhan fitoplankton, selanjutnya dapat menghambat penetrasi sinar matahari masuk ke perairan sehingga tidak menguntungkan bagi ekosistem perairan. Jika ditinjau dari batas total fosfor perairan untuk kepentingan air minum tidak boleh melebihi 50 μ g/L (Beveridge, 1996), maka perairan waduk Batutege sudah harus diwaspadai tingkat konsentrasi total fosfornya. Aktivitas perikanan budidaya tidak disarankan karena dapat menambah total fosfor yang sudah sangat tinggi, juga tidak boleh mengganggu fungsi utama waduk.

Nitrogen

Nitrogen merupakan elemen penting bagi pertumbuhan organisme dan menjadi salah satu unsur utama dalam pembentukan protein. Unsur nitrogen dalam perairan berada dalam bentuk senyawaan nitrit (NO_2-N), nitrat (NO_3-N), ammonium (NH_4-N) dan ammonia (NH_3-N). Nitrat dan Ammonium adalah sumber utama

nitrogen di perairan. Ammonium dan Nitrat tidak bersifat toksik terhadap organism akuatik. Hanya bentuk senyawaan nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), unsur nitrogen diserap oleh organisme nabati seperti fitoplankton dan tumbuhan air yang kemudian diproses menjadi protein dan seterusnya menjadi sumber makanan bagi organisme hewani perairan. Total ammonia (NH_3 dan NH_4^+) di perairan waduk Batutege berkisar antara 0,01 – 0,063 mg/Liter, dengan nilai rata-rata 0,028 mg/L. Ammonia yang terukur di perairan berupa ammonia total (NH_3 dan NH_4^+). Hubungan antara persentase Ammonia bebas (NH_3) dan ammonium (NH_4^+) bergantung pada naik turunnya nilai pH (Rump dan Krist, 1992 dalam Effendi, 2003). Ammonia bebas (NH_3) bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Persentase ammonia bebas meningkat dengan meningkatnya nilai pH di perairan. Pescod (1973) mengatakan daya racun ammonia meningkat sebanding dengan meningkatnya pH dan akan menurun apabila pH turun. Dikatakan Lebih lanjut untuk perairan di daerah tropis, kandungan ammonia perairan jang lebih dari 1,0 mg/Liter. Menurut Redner (1978) dalam Arthana (2009) ikan *Tilapia aurea* relatif peka terhadap amonia dimana pada konsentrasi ammonia sebesar 0,12 mg/L pertumbuhannya sudah terpengaruh dan bila mengacu pada Peraturan Pemerintah No.20, tahun 1990 tentang pengendalian pencemaran air, disarankan konsentrasi amonia bebas dalam perairan tidak boleh lebih dari 0,02 mg/Liter. Berdasarkan kriteria tersebut diatas, maka secara umum, perairan waduk Batutege termasuk perairan dengan kondisi yang aman untuk ikan. Hal ini dikarenakan nilai pH waduk Batutege yang dibawah 8 menunjukkan bahwa persentase nilai NH_3 tidak mencapai 10% dari nilai total ammonia di perairan waduk Batutege, dan apabila dikalkulasikan nilai ammonia perairan waduk Batutege <0,02 mg/L.

Konsentrasi nitrat (NO_3) di waduk Batutege berkisar antara 0,012 – 0,727 mg/l dan rata-ratanya 0,381. Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrien utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. 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 yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung aerob (Effendi, 2003). Nitrat adalah salah satu jenis senyawa kimia yang sering ditemukan di alam, seperti dalam tanaman dan air. Ammonia diubah menjadi nitrit dan nitrat oleh bakteri dalam proses nitrifikasi (Kordi, 2009). Nitrifikasi, aktifitas mikroorganisme di dalam air mengoksidasi ammonium menjadi nitrat (Huter 1990 dalam Barus, 2010). Nitrat merupakan ion-ion yang terbentuk dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi dalam air. Nitrifikasi dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*. Nitrat merupakan unsur hara N yang tersedia bagi fitoplankton, tidak beracun. Proses nitrifikasi selalu berjalan sampai dasar waduk karena masih mengandung O_2 terlarut 0,6 mg/L, sehingga keberadaan nitrit segera berubah menjadi nitrat. Menurut Kuznetsov (1968) proses nitrifikasi masih dapat berlangsung sampai kadar O_2 terlarut 0,3 mg/l. Konsentrasi nitrat cenderung naik karena nitrifikasi (perubahan amonia menjadi nitrit dan nitrat), ekskresi dari ikan dan zooplankton serta resuspensi (pelarutan) dari sedimen ke air waduk. Menurut Clark *et al.*, (1985), tiap kg ikan yang dipelihara menghasilkan nitrat berkisar 0,13 – 0,21 g/hari.

Meskipun NO_3 dan NH_4^+ dalam air mencapai konsentrasi yang tinggi tetapi tidak berbahaya dan segera turun karena digunakan untuk pertumbuhan fitoplankton. Dilaporkan oleh Knepp dan Arkin (1972), bahwa konsentrasi nitrat berkisar 90- 200 mg/L tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan *channel catfish*. Selain tidak membahayakan kehidupan biota air. Waduk Batutege berdasarkan konsentrasi nitrat termasuk kelas I, yaitu pemanfaatannya dapat digunakan untuk air baku air minum karena dalam PP RI No 82 tahun 2001 mensyaratkan kandungan nitrat dalam air kelas I adalah 10 mg/L.

KESIMPULAN

Penelitian mengenai Fisika Kimia Perairan di Waduk Batutege Lampung bertujuan untuk menganalisis kondisi parameter fisika kimia perairan, parameter fisika kimia yang di ukur adalah suhu air, DHL (Daya Hantar Listrik), kecerahan, TSS, pH, DO, NO_2 , NO_3 , NH_3 dan total posfor. Penelitian dilakukan di Inlet (inlet muara way Sengarus, inlet muara way Sekampung, dan inlet muara way Rilau), St.Tengah (Gunung Batu), St. Curug Teras (di atasnya ada aktivitas tambang emas rakyat), dan Stasiun di sekitar outlet (Teras Boom). Hasil pengukuran DHL di perairan waduk Batutege berkisar antara 44,7 – 60,8 $\mu\text{mhos/cm}$ dengan rata-rata 48,075 $\mu\text{mhos/cm}$. Berdasarkan pengamatan pada bulan Februari tahun 2017, oksigen terlarut (DO) waduk Batutege berkisar antara 5,2 hingga 6,88 mg/l. rata-rata 6,10 mg/l. Nilai kesadahan perairan waduk Batutege selama penelitian berkisar 19,02 – 96,1 mg/Liter CaCO_3 , dengan rata-rata 39,54 mg/Liter CaCO_3 . Kekeruhan atau turbidity perairan waduk Batutege berkisar antara 0,71 – 3,06 NTU dengan rata-rata 1,375 NTU. Hasil pengukuran TSS pada bulan Februari 2017 berkisar 2,0 – 12,33 mg/L, rata-rata 3,611 mg/L. Derajat keasaman (pH) perairan waduk Batutege berkisar antara 6,19 – 7,32 dengan nilai rata-rata 6,698 hal ini menunjukkan pH perairan waduk Batutege antar waktu pengamatan dan titik sampling tidak terlalu berfluktuasi. Berdasarkan konsentrasi fosfat, perairan yang mengandung fosfat kurang 1 g/l disebut perairan oligotrofik (miskin hara) dan apabila lebih dari 1 g/l termasuk perairan hipereutrofik (sangat kaya hara). Konsentrasi total fosfor (TP) di waduk Batutege berkisar antara 74,9 – 906,0 $\mu\text{g/l}$ dan rata-ratanya 291,0 $\mu\text{g/l}$. Konsentrasi nitrat (NO_3) di waduk Batutege berkisar antara 0,012 – 0,727 mg/l dan rata-ratanya 0,381. Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia kualitas air menunjukkan hasil yang normal dan baik untuk kehidupan ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA, 1986. Standard methods for the examinations of water and wastewater. APHA inc, Washington DC.
- Aida, S.N, A.D, Utomo., dan M. Ali. 2011. Ruaya dan Biologi Reproduksi Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*) di Waduk Gajah Mungkur. Laporan akhir tahun. Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum Palembang. 140 halaman.
- Arnaya, I.N., 1991. *Diktat Kuliah Dasar-Dasar Akustik*. Institut Pertanian Bogor. Bogor: v + 84 halaman.

- Badrudin, B. Sumiono and S. Nurhakim., 2004. Hook Rates and Compositions of Bottom Longline Catches in the waters of the Arafura Sea. Indonesian Fisheries Research Journal. AMFR. MMAF. Vol. 10. No. 1. (2004): 9-14.
- Badrudin and Subhat Nurhakim., 2004. Estimation of the maximum sustainable yield of the shrimp resources in the Arafura Sea using the surplus production model. Manuscript. 12p. (Unpublished).
- Beaufort L.F. and J.C. Briggs, 1962. The Fishes of The Indo Australian Archipelago. Book XI Leiden. E.J. Brill Ltd. Jilid XI.
- Boyd, C.E 1988. Water Quality in Warm Water Fish Ponds. Fourth Printing. Auburn University Agriculture Experiment Station. Alabama. USA. 359 p.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Propinsi Lampung. 2013. Laporan Tahunan Dinas Kelautan dan Perikanan Propinsi Lampung. 77 p
- Effendie, M. I. 2002. *Biologi Perikanan*. Bogor: Yayasan Pustaka Nusantara 163 pp.
- Effendi, H. 2000. Telaah Kualitas Air. Jurusan MSP Fak. Perikanan dan Kelautan IPB Bogor. 259 hal
- Effendi, M.I. 1992. Metoda biologi perikanan. Fakultas Perikanan. Bagian Ichthyology IPB. 112 halaman.
- Gulland, J.A., 1983. Fish stock assessment. A manual of basic methods. John Wiley & Sons.
- Gustiano, R. 2003. Taxonomy and Phylogeny of Pangasidae Catfishes from Asia (Ostariophysics, Siluriformes). Thesis Submitted in fulfillment of the requirement for the doctors' Degree (Ph.D) in science. Katholieke Universiteit Leuven Faculty of sciences Department of Biology Section Of Comparative Anatomy And Biodiversity
- Hannachi, M. S., L. B. Abdallah, & O. Marrakchi. 2004. *Acoustic Identification of Small Pelagic Fish Species: Target Strength Analysis and School Descriptor Classification*. MedSudMed Technical Documents No.5.
- Hoggarth, D 1994. Survey methodologies. Fisheries Dynamics of modified floodplains in Southern Asia. MRAG, London. 46 p.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012. Blue Economy: Pembangunan Kelautan Perikanan Berkelanjutan untuk Kesejahteraan Masyarakat.
- Kottelat, M; A.J Whitten; S.N Kartikasari dan S. Wirjoatmodjo, 1993. Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi (Ikan Air tawar Indonesia Bagian Barat dan Sulawesi). Periplus Editions-Proyek EMDI. Jakarta.
- Mac Lennan, D. N. 1992. Acoustical measurement of fish abundance. *Journal Acoust. Soc. Am.* 62: 1-15.
- MacLennan, D.N & Simmonds. 1992. *Fisheries Acoustic*. Chapman and Hall. London. 325 p.
- MacLennan, D. & J. Simmonds, 2005. *Fisheries Acoustics Theory and Practice Second Edition*. Blackwell Science. Oxford, UK. 437 P.
- Makmur, S 2003. Biologi – reproduksi, makanan dan pertumbuhan ikan Gabus (*Channa striata* Bloch) di rawa banjir DAS Musi Sumatera Selatan. Tesis Program Pasca Sarjana IPB. 59 hal
- Natsir, M., B. Sadhotomo, & Wudianto. 2005. Pendugaan biomassa ikan pelagis di perairan Teluk Tomini dengan metode akustik bim terbagi. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 11 (6): 101-107.
- Nikolsky, G.V. 1963. The scology of fishes. Academia Press. 325 p.
- Novotny, V and Olem, H. 1994. Water Quality, prevention, identification, and management of diffuse pollution. Van Nostrans Reinhold. New York. 1054 p.
- Odum, E.P 1996. Fundamentals of Ecology. Third Edition Saunders College Publishing. Rinehart and Winston. 486 p
- Odum, E.P. 1971. Fundamentals of Ecology. Thrid Edition. W.B. Saunders Company, Toronto. 574 p.
- Pauly, D 1984. Some Simple Methods for The Assessment of Tropical Fish Stock. ICLARM. Makati, Metro manila – Philipines. 52 p.
- Sparre, P and S. C Venema 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. FAO –DANIDA. Rome. 306(1). 375 p.
- Sunarno, M.T.D., A. Wibowo, Subagja. 2007. Identifikasi Tiga Kelompok Ikan Belida (*Chitala lopis*) Di Sungai Tulang Bawang, Kampar, dan Kapuas Dengan Pendekatan Biometrik. JPPI Vol.13 No. 2 hal 87-94.
- Utomo, A.D. dan Z. Arifin, 1987. Pakan Alami Ikan Keli (*Clarias melanoderma*) di Perairan Lubuk Lampam Sumatera Selatan. Bulletin Penelitian Perikanan Darat Balitkankar Bogor. 6(1): 4-5.
- Utomo, A.D. Asyari, dan S. Nurdawati, 2001. Peranan Suaka Perikanan dalam Peningkatan Produksi Perikanan dan Pelestarian Sumberdaya Perikanan Perairan Umum. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia. Pusat Riset Perikanan Tangkap Jakarta. 7 (1): 1-9.
- Weber, M and De Beaufort, 1916. The fishes of the Indo-Australian Archipelago. E.J Brill Ltd. Leiden. 2: 404 pp