

Budidaya perikanan adalah usaha pemeliharaan dan pengembang biakan ikan atau organisme air lainnya. Budidaya perikanan disebut juga sebagai budidaya perairan atau akuakultur mengingat organisme air yang dibudidayakan bukan hanya dari jenis ikan saja tetapi juga organisme air lain seperti kerang, udang maupun tumbuhan air. Keramba umumnya ditempatkan di sungai sehingga air sungai dapat mengalir melewati keramba dan air di dalam keramba senantiasa bersirkulasi mengikuti arus air.

Buku ini mengkaji tentang aspek budidaya ikan karamba dengan daya dukung lingkungan perairan. Dalam hal ini akan diketahui bahwa daya dukung lingkungan perairan sangat berpengaruh kepada usaha budidaya ikan karamba yang hal tersebut bisa secara negatif maupun positif. Tentu, daya dukung lingkungan perairan ini harus diarahkan ke hal positif, paling tidak bagaimana menciptakan lingkungan perairan yang sehat yang otomatis sangat bermanfaat bagi keberlangsungan ikan karamba.

Detail dari buku ini adalah sebagai berikut:

- Bab 1 Budidaya Perikanan Karamba
- Bab 2 Konsep Lingkungan Perairan
- Bab 3 Kerangka Pemikiran Daya Dukung Lingkungan Perairan Terhadap Budidaya Ikan Karamba
- Bab 4 Hubungan Daya Dukung Lingkungan Perairan Terhadap Budidaya Ikan Karamba



Wibnocolo Utara V1B Surabaya
+628977416123
globalakarypens@gmail.com



Dr. Ir. Mijani Rahman, M.Si

KAJIAN LINGKUNGAN PERAIRAN
DAN PENGEMBANGAN BUDIDAYA IKAN KARAMBA

MONOGRAF

KAJIAN LINGKUNGAN PERAIRAN DAN PENGEMBANGAN BUDIDAYA IKAN KARAMBA



Dr. Ir. Mijani Rahman, M.Si.
Dr. Ir. Herliwati, M.Si.

**KAJIAN LINGKUNGAN
PERAIRAN DAN
PENGEMBANGAN BUDIDAYA
IKAN KERAMBA**

**Dr. Ir. Mijani Rahman, M.Si.
Dr. Ir. Herliwati, M.Si.**

**UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 28 TAHUN 2014
TENTANG HAK CIPTA**

**PASAL 113
KETENTUAN PIDANA
SANKSI PELANGGARAN**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

Dr. Ir. Mijani Rahman, M.Si.
Dr. Ir. Herliwati, M.Si.

**KAJIAN LINGKUNGAN
PERAIRAN DAN
PENGEMBANGAN BUDIDAYA
IKAN KERAMBA**



Kajian Lingkungan Perairan dan Pengembangan Budidaya Ikan Keramba

*Diterbitkan pertama kali dalam bahasa Indonesia
oleh Penerbit Global Aksara Pres*

ISBN:

viii + 110 hal; 14,8 x 21 cm

Cetakan Pertama, November 2021

copyright © 2021 Global Aksara Pres

Penulis : Dr. Ir. Mijani Rahman, M.Si.
Dr. Ir. Herliwati, M.Si.
Penyunting : Alaika M. Bagus Kurnia PS
Desain Sampul : Arum Nur Laili
Layouter : Ilil Ni'matul M

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dengan bentuk dan cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit.

Diterbitkan oleh:



CV. Global Aksara Pres

Anggota IKAPI, Jawa Timur, 2021,

No. 282/JTI/2021

Jl. Wonocolo Utara V/18 Surabaya

+628977416123/+628573269334

globalaksarapres@gmail.com

PRAKATA PENULIS

Puji syukur kepada Tuhan yang maha Kuasa atas kasih sayangNya buku ini bisa terselesaikan dengan baik. Buku ini mengkaji tentang aspek budidaya ikan karamba dengan daya dukung lingkungan perairan. Dalam hal ini akan diketahui bahwa daya dukung lingkungan perairan sangat berpengaruh kepada usaha budidaya ikan karamba yang hal tersebut bisa secara negatif maupun positif. Tentu, daya dukung lingkungan perairan ini harus diarahkan ke hal positif, paling tidak bagaimana menciptakan lingkungan perairan yang sehat yang otomatis sangat bermanfaat bagi keberlangsungan ikan karamba.

Penulis ucapkan terimakasih banyak atas pihak-pihak yang mendukung penulisan buku ini. Dan penulis sangat mengharapkan saran serta kritiknya untuk kesempurnaan buku ini. Selamat membaca..!

Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 17 November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Prakata Penulis.....	v
Daftar Isi.....	vi
Bab I Budidaya Perikanan Karamba.....	1
A. Pengertian Budidaya Perikanan.....	1
B. Perikanan Keramba.....	3
C. Usaha Budidaya Perikanan Keramba.....	4
Bab II Konsep Lingkungan Perairan	11
A. Lingkungan Perairan.....	11
B. Daya Dukung Lingkungan Perairan.....	15
C. Parameter Kualitas Air	22
D. Dampak Limbah Budidaya terhadap Lingkungan Perairan	41
Bab III Kerangka Pemikiran Daya Dukung Lingkungan Perairan Terhadap Budidaya Ikan Karamba.....	45
Bab IV Hubungan Daya Dukung Lingkungan Perairan Terhadap Budidaya Ikan Karamba	51
A. Beban Limbah Organik.....	51

B. Pertambahan Berat dan Panjang.....	53
C. Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan.....	55
D. Konversi Pakan (FCR)	56
E. Beban Limbah Fosfor dan Nitrogen	58
F. Analisis Daya Dukung Perairan.....	58
G. Kualitas Air	68
H. Alokasi Ruang dan Kepadatan Keramba	83
Daftar Pustaka	87
Biografi Penulis	107

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

BUDIDAYA PERIKANAN KARAMBA

A. Pengertian Budidaya Perikanan

Budidaya perikanan adalah usaha pemeliharaan dan pengembang biakan ikan atau organisme air lainnya. Budidaya perikanan disebut juga sebagai budidaya perairan atau akuakultur mengingat organisme air yang dibudidayakan bukan hanya dari jenis ikan saja tetapi juga organisme air lain seperti kerang, udang maupun tumbuhan air.

Dilihat dari asal katanya, istilah akuakultur diambil dari istilah dalam Bahasa Inggris yaitu *Aquaculture*. Terdapat beberapa definisi akuakultur seperti dikemukakan dalam beberapa sumber, dan berikut ini adalah definisi akuakultur menurut beberapa ahli: Akuakultur merupakan suatu proses pembiakan organisme perairan dari mulai proses produksi, penanganan hasil sampai pemasaran. Akuakultur merupakan upaya produksi biota atau organisme perairan melalui

penerapan teknik domestikasi (membuat kondisi lingkungan yang mirip dengan habitat asli organisme yang dibudidayakan), penumbuhan hingga pengelolaan usaha yang berorientasi ekonomi.

Berdasarkan kata penyusunnya budidaya perikanan tentunya tersusun dari dua kata yakni budidaya dan perikanan. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia Budaya adalah usaha yang bermanfaat dan memberikan hasil, Sedangkan Perikanan adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan penangkapan, pemeliharaan dan pembudidayaan ikan.

Seperti yang telah dikemukakan di atas, dalam bidang perikanan pada umumnya ikan didefinisikan secara luas tidak hanya merujuk pada binatang air yang bersisik dan bernafas dengan insang, akan tetapi juga menyangkut segala organisme yang hidup di air seperti udang, kerang, hingga tanaman air.

Manfaat atau hasil yang diharapkan dari kegiatan pemeliharaan ikan juga bisa berupa produksi ikan yang bisa dijual, atau bisa juga

untuk keperluan konsumsi sendiri. Disamping itu kegiatan budidaya perikanan juga bisa memberikan manfaat secara psikologis sebagai penyaluran hobi atau untuk hiburan, misalnya pada budidaya ikan hias.

B. Perikanan Keramba

Keramba adalah keranjang atau kotak dari bilah bambu untuk membudidayakan ikan. Definisi lain dari keramba adalah wadah budi daya ikan berupa kandang yang terbuat dari bambu atau papan kayu yang ditempatkan di badan sungai.

Keramba umumnya ditempatkan di sungai sehingga air sungai dapat mengalir melewati keramba dan air di dalam keramba senantiasa bersirkulasi mengikuti arus air. Keramba bambu dapat ditempatkan tenggelam maupun mengapung sebagian, dan masing-masing dilakukan sesuai kebutuhan. Di perairan yang dalam dan luas, keramba ditempatkan mengapung sebagian dengan bantuan pelampung.

Salah satu varian keramba yaitu keramba jaring apung yang ditempatkan di laut. Keramba jaring apung terdiri dari rangka dengan pijakan untuk inspeksi. Jaring apung menggunakan pelampung agar tetap mengapung, serta tertambat pada rangka dan jangkar sehingga tidak berpindah dari posisinya. Ikan tetap berada di dalam keramba karena terkurung oleh jaring. Jenis keramba lain yaitu keramba hampang, dibangun dengan menggunakan jaring yang ditegakkan dengan tonggak kayu atau bambu. Keramba jenis ini umumnya dibangun di pinggir sungai dan perairan yang dangkal.

Pemeliharaan ikan dengan keramba di sungai memiliki permasalahan di antaranya rentan terhadap pencemaran sungai dan sampah yang berada di sungai. Selain itu, keramba sungai maupun laut dapat mempengaruhi kuat arus air yang mengalir di belakangnya.

C. Usaha Budidaya Perikanan Karamba

Budidaya perikanan ialah bentuk usaha yang dilakukan manusia dalam rangka mengoptimalkan

pemanfaatan potensi sumberdaya perairan untuk memperoleh keuntungan dalam berusaha. Kegiatan tersebut dilakukan melalui pemeliharaan, pembesaran, dan/atau pembiakkan ikan serta pemanenan hasilnya dalam lingkungan yang terkontrol (Anonymous, 2009). Untuk memperoleh tingkat efisiensi yang tinggi agar diperoleh keuntungan yang optimal diperlukan upaya pengelolaan yang menyeluruh, baik terhadap komoditas yang dipelihara maupun pengendalian terhadap habitat yang meliputi kualitas maupun kuantitas air dimana ikan peliharaan tersebut ditempatkan (Boyd, 1990; Rahmawaty, 2006).

Lingkungan perairan umum yang menjadi habitat ikan dapat digolongkan kedalam dua tipe, yaitu habitat *lentic* dan *lotic* (Odum, 1977; Dodds, 2002). Dinamika massa air pada habitat *lentic* tergolong kecil dan cenderung dalam keadaan diam, seperti waduk, danau, kolam dan rawa. Sebaliknya pada perairan *lotic* memiliki dinamika massa air yang besar dan selalu mengalir, seperti: sungai dan *creek*. Pada kedua

tipe habitat tersebut dapat dikembangkan usaha budidaya ikan dengan berbagai fasilitas budidaya ikan seperti: jaring apung, karamba dan *fish pens* (Masser, 1997; Swann *et al.*, 1994).

Budidaya perikanan karamba (*cage fish culture*) merupakan suatu bentuk usaha pemanfaatan perairan umum untuk pengembangan budidaya perikanan menggunakan fasilitas budidaya yang disebut karamba. Karamba ialah kurungan untuk memelihara ikan yang dapat berbentuk persegi, persegi panjang dan selinder berbahan dasar kayu, bambu, jaring atau logam yang disusun dengan jarak tertentu dan menutupi seluruh sisi atau bagian samping dan bawah sehingga arus air dapat melewatinya (Schimittou *et al.*, 2004).

Peletakan karamba di perairan ada yang terbenam sebagian (seperempat bagian di atas permukaan air dan tiga perempat bagian berada di dalam air) dan ada yang terbenam keseluruhan. Fasilitas budidaya ini lazim digunakan di perairan sungai dan waduk. Di berbagai tempat telah ditunjukkan kesuksesan kegiatan budidaya

perikanan karamba yang berbasis waduk (*reservoir-base fisheries and aquaculture*) sebagai sumber pangan, pendapatan, dan alternatif mata pencaharian pengganti (Costa-Pierce and Hadikusumah, 1990; Sugunan, 1995; Costa-Pierce, 1998; Gurung *et al.*, 2008).



Gambar 1. Karamba yang digunakan untuk budidaya ikan di Sungai Riam Kanan

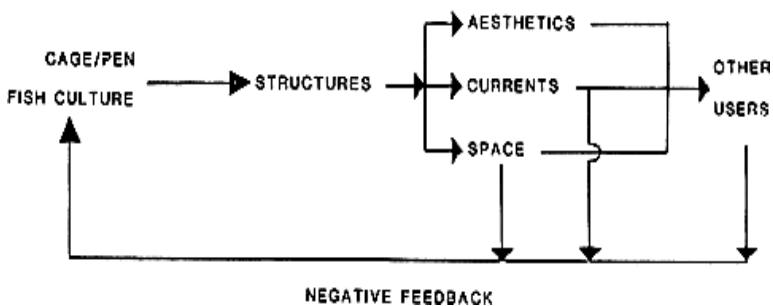
Pemberian pakan tambahan dan pakan buatan pada usaha budidaya ikan umumnya dilakukan oleh petani ikan dalam rangka memacu pertumbuhan ikan yang dipelihara. Aktivitas ini terkadang dilakukan tanpa memperhatikan dosis

pakan optimum, sehingga sebagian pakan tidak dikonsumsi oleh ikan dan mengendap di dasar perairan menyatu dengan kotoran ikan.

Kelebihan pakan dan kotoran ikan yang mengendap di dasar perairan akan mengalami dekomposisi secara alamiah. Jika laju dekomposisi sebanding dengan laju sedimentasi bahan organik (sisa pakan dan kotoran ikan) maka semua bahan organik tersebut akan teruraikan dengan sempurna menjadi bahan-bahan anorganik yang akan digunakan oleh mikroorganisme lainnya. Sebaliknya jika laju sedimentasi bahan organik lebih besar dari kapasitas dekomposisi maka proses dekomposisi berlangsung tidak sempurna dan akan dihasilkan senyawa yang bersifat toksik kepada organisme akuatik. Hal ini dapat menyebabkan perubahan-perubahan kualitas perairan menuju kondisi yang tidak menguntungkan untuk pertumbuhan ikan (Boyd, 1990; Efendi, 2003).

Dampak lingkungan yang diakibatkan oleh pengembangan perikanan budidaya tergantung pada praktek budidaya yang dilakukan, besarnya

luasan usaha yang dikembangkan, tingkat teknologi, beban limbah alami maupun limbah budidaya yang dihasilkan, volume badan air, laju pergantian (*flushing rate*) massa air, serta karakteristik lain dari badan air (Phillips, 1985; Cornel and Whoriskey, 1993). Dampak yang ditimbulkan kegiatan budidaya perikanan di perairan umum digambarkan oleh Beveridge (1984) pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Dampak kegiatan budidaya ikan terhadap lingkungan

Sumber: Beveridge (1984)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

KONSEP LINGKUNGAN PERAIRAN

A. Lingkungan Perairan

Kemampuan suatu perairan dalam menerima suatu beban bahan tertentu dari luar sistem perairannya sehingga dapat dinetralkan atau distabilkan kembali dalam jangka waktu tertentu memiliki jumlah dengan batasan tertentu. Batasan tersebut dapat didefinisikan berdasarkan regulasi yang ada atau dapat dihitung kondisi nyatanya di perairan tersebut. Kondisi nyata inilah yang menjadi batasan atau disebut pula ambang batas suatu perairan mempertahankan kestabilannya atau sering disebut pula daya dukung lingkungan perairan.

Pada suatu perairan dengan perairan lainnya memiliki daya dukung lingkungan yang berbeda-beda. Perbedaan ini ditentukan oleh berbagai faktor fisik, kimia dan biologi beserta interaksi di dalam perairannya. Faktor fisik meliputi kondisi sirkulasi perairan yang ditentukan oleh proses-

proses hidrodinamika, faktor kimia meliputi komposisi kimiawi perairan dan faktor biologi berkaitan erat dengan keberadaan suatu organisme yang menempati suatu habitat dalam suatu ekosistem yang berinteraksi dengan faktor fisik dan kimia perairan. Kondisi ini terlihat menjadi sangat kompleks, oleh karena itu melalui teknologi pemodelan, kondisi ini dapat disederhanakan dan mudah untuk dipahami bagaimana keseluruhan sistem bekerja.

Skenario pemodelan yang akan dibangun untuk mengkaji daya dukung di suatu perairan dibagi dalam dua kelompok besar yaitu perairan alamiah dan perairan non alamiah (sudah terdapat aktifitas manusia). Pada perairan yang masih alamiah, skenario disusun berdasarkan karakter kondisi fisik, kimia dan biologi yang telah ada dengan cara mengidentifikasi interaksi diantaranya. Setelah diketahui interaksinya, kemudian disusun parameter-parameter yang berperan dalam menentukan daya dukung lingkungan di perairan tersebut. Masing-masing parameter kemudian dimodelkan dengan berbagai

nilai dari nilai yang minimum sampai dengan nilai yang ekstrim. Dari selang nilai ini, akan dicari nilai paling optimal yang tidak akan menimbulkan dampak negatif bagi kestabilan interaksi antara faktor fisik, kimia dan biologi, khusus faktor biologi yaitu biota yang menyusun suatu ekosistem di perairan. Nilai optimal yang diperoleh dijadikan dasar atau batasan alamiah jika ada suatu aktifitas yang dibangun mengeluarkan sejumlah bahan atau limbah yang masuk kedalam perairan.

Pada perairan non alamiah, pendekatan pembangunan skenario pemodelan dilakukan dengan mengidentifikasi parameter fisik, kimia dan biologi yang timbul dari aktifitas manusia yang telah ada. Setiap parameter yang memberikan peluang untuk mengganggu kestabilan perairan dimodelkan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar dampak yang akan ditimbulkannya. Nilai-nilai ambang batas non alamiah akan dapat diketahui jika pada kondisi maksimum secara optimal perairan dapat menetralkannya. Nilai batas alamiah dapat

diketahui jika perairan tersebut masih menunjukkan tidak terdapatnya gangguan dari aktifitas manusia.

Modul model Hidrodinamika digunakan untuk mengkaji karakteristik fisik perairan meliputi pola sirkulasi arus dan tinggi muka laut. Modul model Adveksi-Dispersi digunakan untuk mengkaji pola penyebaran konsentrasi parameter-parameter kimia terlarut, sedangkan modul model Pergerakan Sedimen Kolom Air dan Pergerakan Partikel digunakan untuk mengkaji pola penyebaran konsentrasi parameter kimia laut yang tersuspensi di dalam sedimen. Modul model tumpahan minyak akan menjadi penting digunakan jika perairan yang akan dikaji daya dukung lingkungannya sering terdapat tumpahan minyak atau berpotensi terjadi tumpahan minyak.

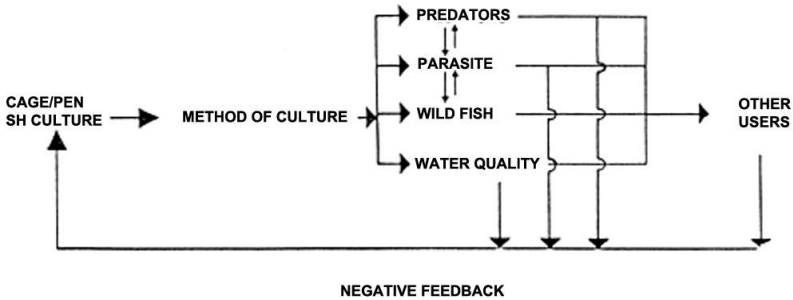
Modul Model Ekosistem digunakan untuk mengkaji interaksi antara proses fisik, kimia dan biologi perairan yang memberikan kontribusi terhadap daya dukung lingkungan perairan. Modul model GIS Kelautan akan bermanfaat untuk mengintegrasikan hasil pemodelan dan

simulasi ke dalam sistem informasi geografis sehingga dapat dengan mudah untuk menginterpretasikan kedalam peta-peta daya dukung lingkungan perairan. Modul model Aliran Sungai bermanfaat jika perairan yang akan dikaji daya dukung lingkungannya merupakan perairan yang terdapat muara sungai dimana aliran sungai ini akan menjadi penting dalam mengkaji daya dukung lingkungan.

B. Daya Dukung Lingkungan Perairan

Daya dukung (*carrying capacity*) perairan menggambarkan jumlah maksimum populasi organisme akuatik yang dapat didukung oleh suatu badan air selama jangka waktu tertentu tanpa mengalami penurunan mutu (Kenchington dan Hudson, 1984; Turner, 1988) dan berhubungan erat dengan produktifitas lestari perairan. Kondisi tersebut merupakan hasil interaksi dari semua unsur atau komponen dalam satu kesatuan ekosistem, termasuk kemampuan mendaur ulang atau mengasimilasi limbah sehingga tidak mencemari lingkungan perairan

yang berakibat terganggunya keseimbangan ekologi (Dodds, 2002).



Gambar 3. Dampak dari metode budidaya ikan terhadap lingkungan. Sumber: Beveridge (1984)

Kemampuan lingkungan perairan untuk mendukung keberlangsungan hidup sejumlah ikan secara alamiah dalam suatu habitat ditentukan oleh daya dukung (*carrying capacity*) lingkungan perairan yang bersangkutan (Turner, 1988; Kenchington dan Hudson, 1984). Semakin baik daya dukung lingkungan perairan, semakin banyak pula organisme yang dapat didukung berada dalam suatu habitat perairan. Oleh karena itu produktifitas sumberdaya ikan dari suatu perairan ditentukan oleh daya dukung lingkungan perairan yang bersangkutan.

Daya dukung suatu perairan untuk budidaya adalah biomassa yang dapat hidup di dalamnya secara berkesinambungan untuk ukuran dan situasi tertentu, dan bila keadaan perairannya berubah, daya dukungnya juga akan berubah. Faktor penentu daya dukung lingkungan perairan adalah volume perairan, kualitas perairan, dinamika perairan, dan beban pencemar yang ada/limbah dari hulu.

Kemampuan badan air menerima limbah yang masuk ditentukan oleh kemampuan pencucian (*flushing*) dan purifikasi dari perairan tersebut yang menurut Rompas (1998) ditentukan oleh beberapa faktor antara lain: (1) kualitas air; (2) dinamika massa air; (3) tingkat kesuburan perairan (oligotrofik, mesotrofik, atau eutrofik); (4) beban limbah; (5) jenis dan jumlah mikroba; (6) aktivitas manusia. Apabila beban limbah yang masuk melebihi kemampuan daur ulang dari perairan dan kekuatan pencucian maka akan menimbulkan pencemaran yang berdampak tidak hanya pada kegagalan usaha budidaya perikanan semata tetapi juga akan mengganggu hubungan

fungsional unit-unit ekosistem perairan di wilayah tersebut. Karena itu, pengukuran kualitas air di perairan penerima limbah sangat penting untuk memperkirakan tingkat pencemarannya, pengenceran dan kemampuan purifikasinya.

Salah satu faktor kritis yang menentukan daya dukung perairan adalah ketersediaan oksigen terlarut. Karena itu pengurangan kadar oksigen terlarut merupakan faktor utama dan menjadi perhatian serius dalam pengembangan usaha budidaya ikan (McLean *et al.*, 1993). Oleh karena itu konsentrasi minimum oksigen terlarut telah digunakan sebagai indikator dan permodelan untuk menduga laju beban maksimum yang diperkenankan atau dikenal dengan konsep daya dukung lingkungan perairan (US EPA, 1980; McLean *et al.*, 1993).

Estimasi daya dukung lingkungan perairan untuk menunjang budidaya ikan dalam karamba merupakan ukuran kuantitatif yang akan memperlihatkan berapa ikan budidaya yang boleh dipelihara dalam luasan areal yang telah ditentukan tanpa menimbulkan degradasi

lingkungan dan ekosistem sekitarnya (Meade, 1998).

Jika telah ditentukan banyaknya ikan budidaya dalam satu karamba, estimasi difokuskan pada berapa unit karamba yang boleh diusahakan dalam luasan areal yang telah ditentukan. Daya dukung lingkungan untuk menunjang kegiatan budidaya ikan (produktifitas persatuan luas atau volume) bervariasi menurut komoditas dan kondisi (kualitas dan kuantitas) lingkungan perairan. Kompilasi hasil penelitian produktifitas budidaya perikanan di tipe habitat berbeda dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kompilasi hasil penelitian daya dukung perairan terhadap usaha budidaya ikan dalam karamba.

No.	Daya dukung perairan	Habitat/lingkungan perairan	Peneliti (Author)
1.	Daya dukung lingkungan (<i>carrying capacity</i>) untuk karamba (<i>cage</i>) 5,13 t ha ⁻¹ v ⁻¹	Kesikköprü Dam Lake, Turkey	Pulatsü (2003)
2.	Produksi maksimum	Teluk Awarange (Sulawesi Selatan)	Rachmansyah, <i>et al.</i> (2005)

- tahunan perikanan budidaya KJA yang diperbolehkan $1,3 - 1,6 \text{ t ha}^{-1}$.
3. Produktifitas $80 - 124 \text{ kg m}^{-3}$. kepadatan $400-500 \text{ ekor m}^{-3}$, arus $50 - 100 \text{ cm s}^{-1}$ kedalamam kolom air di bawah karamba 3 m

Muara Sungai Minasatene-Barru (Sulawesi Selatan)

Burhanuddin *et al.* (1994)
 4. Produktifitas $42,1 - 86,8 \text{ kg m}^{-3}$. kepadatan 150 ekor m^{-3} , arus $0 - 10 \text{ cm s}^{-1}$ kedalamam kolom air di bawah KJA 5 m

Teluk Pegаметan, Bali.

Rachmansyah, *et al.* (2002)
 5. Produktifitas $44,8 \text{ kg m}^{-3}$. kepadatan 125 ekor m^{-3} , arus $0 - 11,3 \text{ cm s}^{-1}$ kedalamam kolom air di bawah karamba 15 m

Teluk Labuange Barru (Sulawesi Selatan)

Pongpasan *et al.* (2001)

Sistem budidaya yang memperhitungkan daya dukung lingkungan perairan dalam menentukan skala usaha untuk menjamin kontinuitas hasil panen dikenal sebagai sistem budidaya berkelanjutan (*sustainable fishfarming*). Beberapa pendekatan dalam estimasi daya dukung untuk pengembangan usaha budidaya ikan di perairan umum adalah pendekatan berdasarkan loading N dan P yang terbuang ke lingkungan perairan (Beveridge, 1984) serta pendekatan berdasarkan ketersediaan oksigen terlarut (Rachmansyah *et al.*, 2005).

Konsep daya dukung yang menjadi fokus perhatian dalam pengembangan budidaya perikanan saat ini adalah perpaduan konsep daya dukung ekologis, ekonomi dan sosial. Konsep daya dukung ekologis adalah maksimum (jumlah maupun volume) dalam penggunaan suatu ekosistem atau ruang baik berupa jumlah maupun kegiatan yang diakomodasikan didalamnya sebelum terjadi suatu penurunan kualitas ekologis kawasan tersebut (Supriharyono, 2002).

C. Parameter Kualitas Air

1. Suhu air

Suhu air adalah derajat panas air yang dinyatakan dalam satuan panas (derajat Celcius, Reumer, Fahrenheit dan Calvin). Suhu air dapat berbeda antara suatu tempat dengan tempat lainnya dan antar musim pada tempat yang sama. Fluktuasi dan perbedaan suhu dipengaruhi oleh musim, letak lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air.

Suhu air secara alamiah dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang menjadi sumber energi panas. Cahaya matahari yang mencapai permukaan perairan sebagian diserap dan sebagian lainnya dipantulkan kembali (Dodds, 2002). Pada perairan alami sekitar 53% cahaya yang masuk mengalami transformasi menjadi panas dan sudah mulai menghilang pada kedalaman satu meter dari permukaan air (Wetzel, 1975). Beberapa jenis molekul, seperti:

O₂, O₃, H₂O dan CO₂ dapat menyerap radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi panas (Moss, 1993). Perbedaan letak lintang tempat akan menyebabkan perbedaan musim dan waktu penyinaran matahari dalam satu hari (*day length*) yang selanjutnya akan menyebabkan perbedaan suhu air. Perubahan suhu air antar musim pada daerah bermusim empat (sub tropis) sangat jelas terlihat.

Sebaliknya pada daerah tropis dengan intensitas cahaya matahari dan lama hari (*day length*) yang cenderung seragam sepanjang tahun tidak memiliki fluktuasi yang besar antar musim (Lowe-McConnel, 1987).

Kesesuaian ikan terhadap suhu perairan tidak hanya tergantung pada nilai suhu tetapi tergantung pula pada perubahan/fluktuasi suhu harian. Toleransi ikan terhadap suhu tergantung pada jenis ikannya. Ikan yang mampu bertoleransi pada kisaran suhu perairan yang besar disebut kelompok ikan *eurythermal* sebaliknya ikan yang tidak mampu mentoleransi perubahan suhu yang besar dalam

satu habitat disebut *stenothermal*. Ikan peruaya umumnya termasuk dalam kelompok *eurythermal*. Adaptasi ikan terhadap suhu air juga tergantung pada jenis dan stadia hidup ikan yang bersangkutan (Lowe-McConnel, 1987; Effendi, 2003).

Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi badan air. Suhu juga berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu (batas atas dan batas bawah) yang disukai untuk pertumbuhannya. Algae dari phylum Chlorophyta dan Diatom tumbuh dengan baik pada kisaran suhu berturut-turut 30°C – 35°C dan 20°C – 30°C. Phylum Cyanophyta lebih dapat bertoleransi terhadap kisaran suhu yang lebih tinggi dibandingkan Chlorophyta dan Diatom (Haslam, 1995).

Peningkatan suhu dapat menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misalnya gas O₂, CO₂, N₂, dan CH₄. Selain itu peningkatan suhu juga menyebabkan

peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air yang selanjutnya menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen. Peningkatan suhu perairan sebesar 10°C menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sekitar 2 – 3 kali lipat. Di sisi lain, peningkatan suhu air menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam air sehingga keberadaan oksigen seringkali tidak mampu memenuhi kebutuhan oksigen bagi organisme akuatik untuk melakukan proses metabolisme dan respirasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Suhu perairan antara 27°C – 29°C bahkan sampai 30°C dan 31°C masih merupakan kisaran suhu normal untuk kehidupan kebanyakan species ikan daerah tropis (Alabaster dan Lloyd, 1982).

Ikan merupakan hewan air yang bersifat *poikilothermal*. Hewan yang bersifat *poikilothermal* suhu tubuhnya ditentukan oleh suhu lingkungan perairan. Perubahan suhu

perairan akan langsung mempengaruhi aspek fisiologis dan biologis ikan. Perubahan suhu air mendadak (*thermal sock*) karena *thermal pollutant* atau karena bencana alam (letusan gunung berapi) dapat menyebabkan kematian massal pada ikan. Perubahan suhu perairan yang mendadak biasanya lebih berbahaya bagi ikan daripada perubahan suhu perairan secara bertahap karena ikan memiliki kesempatan untuk menyesuaikan diri (Laevastu dan Hayer, 1981). Untuk menunjang kelangsungan hidup ikan diperlukan perubahan suhu harian kurang dari $\pm 3^{\circ}\text{C}$ (Anonymous, 2001).

2. Kecerahan

Kecerahan menggambarkan kemampuan penetrasi cahaya matahari ke dalam air yang dinyatakan dalam satuan jarak (cm atau m). Kecerahan merupakan parameter kualitas fisika air yang dapat pula digunakan untuk menunjukkan produktifitas perairan (Alabaster dan Lloyd, 1982). Semakin dalam cahaya

matahari dapat berpenetrasi ke dalam air semakin besar nilai kecerahan air.

Penetrasi cahaya ke dalam air sangat dipengaruhi oleh intensitas dan sudut datang cahaya, kondisi permukaan perairan dan bahan-bahan terlarut dan tersuspensi dalam air (Boyd, 1981; Wetzel, 1975). Nilai parameter tersebut juga secara langsung berpengaruh terhadap aktifitas ikan untuk mencari makan dan aktifitas biologis lainnya. Nilai kecerahan yang ideal untuk kehidupan ikan di perairan tawar adalah > 50 cm (Alabaster dan Lloyd, 1982).

3. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman ditentukan oleh kehadiran ion H^+ yang dinyatakan dengan nilai skala 0 – 14. Nilai skala 7 menunjukkan kondisi netral, < 7 kondisi asam dan > 7 kondisi basa. Makin besar konsentrasi ion H^+ semakin tinggi tingkat keasaman air dan semakin rendah nilai pH. Produktifitas ekosistem perairan dianggap rendah bila pH air $< 5,0$. Nilai pH yang rendah

akan mempengaruhi resirkulasi nutrisi dalam ekosistem perairan yang ditandai dengan penurunan rata-rata penguraian bahan organik dan terhambatnya fiksasi nitrogen (Dodds, 2002; Effendi; 2003).

Derajat keasaman air yang ideal untuk budidaya ikan adalah 7,5 – 8,5, namun demikian pH antara 6,5 – 9,0 masih dapat dikategorikan baik untuk pemeliharaan ikan (Anonymous, 2001) tetapi lebih kecil atau lebih besar dari nilai tersebut dapat menurunkan pertumbuhan ikan mas (Faramarzi *et al.*, 2011). Nilai pH antara 9 dan 10 membahayakan beberapa jenis ikan dan di atas pH 10 sudah bisa mematikan ikan (Alabaster dan Llyod, 1982).

4. Oksigen terlarut

Ikan memerlukan oksigen yang cukup banyak untuk hidup dan bertumbuh. Perbedaan kebutuhan oksigen dalam suatu lingkungan bagi ikan dari spesies tertentu disebabkan oleh adanya perbedaan struktur

molekul sel. Ikan memerlukan oksigen untuk pembakaran cadangan energi yang diperlukan untuk aktifitas berenang, pertumbuhan dan reproduksi. Oleh karena itu ketersediaan oksigen menentukan tingkat aktifitas ikan (Zonneveld *et al.*, 1991). Oksigen terlarut merupakan parameter kimia yang paling kritis di dalam budidaya ikan. Karena pengaruh langsungnya terhadap kehidupan ikan, yaitu mempengaruhi kadar oksigen yang dikandung pembuluh darah arteri. Oleh karena itu jika diketahui level kritis oksigen untuk kehidupan normal ikan yang dibudidayakan dapat diduga daya dukung unit budidaya yang dikembangkan (Itazawa, 1971).

Konsentrasi oksigen terlarut yang dibutuhkan ikan sangat bervariasi dan tergantung pada jenis, stadia dan aktifitas organisme. Level kritis oksigen terlarut untuk jenis carp pada 20 – 23°C adalah 3 mg L⁻¹ ekuivalen dengan tingkat kejenuhan 47 – 49%, belut (*eel*) sekitar 2 mg L⁻¹ atau ekuivalen

dengan tingkat kejenuhan 29% (Chiba, 1966; Itazawa, 1971).

Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian (diurnal) dan musiman, tergantung pada pencampuran dan pergerakan massa air, aktifitas fotosintesis, respirasi dan limbah yang masuk ke badan air (Effendi, 2003). Peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10% (Brown, 1987). Kadar oksigen terlarut di perairan tawar sebesar 15 mg L⁻¹ pada suhu 0°C dan 8 mg L⁻¹ pada suhu 25°C (McNeely *et. al*, 1979). Kandungan oksigen dalam air yang ideal untuk ikan pada suhu 20°C - 30°C adalah 5 – 7 mg L⁻¹ (Itazawa, 1971) dan untuk pemeliharaan burayak ikan mas dibutuhkan kadar oksigen 6,0 – 8,0 mg L⁻¹ (Budi, 1994; Wildan, 1994).

Penurunan kadar oksigen terlarut dalam air disebabkan karena kenaikan suhu air, respirasi dan dekomposisi bahan organik. Masuknya limbah organik yang mudah terurai ke dalam air merupakan faktor utama yang menyebabkan terjadinya penurunan kadar

oksigen terlarut dengan tajam (Efendi, 2003; Hynes, 1960). Pengurangan kadar oksigen terlarut (*hypoxia*) akan memacu pelepasan nutrien anorganik seperti, meningkatnya reduksi sulfat, meningkatkan denitrifikasi serta meningkatnya pelepasan nutrien inorganik seperti nitrat, nitrit, ammonium, silikat, dan fosfat (Barg, 1992; Buschman *et al*, 1996; McDonald *et al.*, 1996; Schmittou, 1991).

Kondisi *hypoxia* dapat berlangsung dalam jangka panjang yang disebut sebagai *low dissolved oxygen syndrome* (lodos). Karena itu pengurangan kadar oksigen terlarut merupakan faktor pembatas utama yang menjadi perhatian serius dalam usaha budidaya ikan (McLean *et al.*, 1993).

Limbah organik terlarut maupun partikel yang berasal dari pakan yang tidak termakan dan hasil ekskresi, umumnya dikarakteristikasi oleh peningkatan total suspended solid (TSS), BOD, COD, dan kandungan C, N, dan P (Barg, 1992). Luas wilayah dampak pengkayaan nutrien tergantung pada karakteristik produksi

budidaya, kedalaman badan air, topografi dasar perairan, kecepatan arus, dan angin yang akan menentukan penyebaran pengendapan partikel, input organik dan redistribusi limbah (Barg, 1992; Silvert, 1992; Johnsen *et al.*, 1993).

Pada lapisan permukaan perairan terdapat: (a) proses pembentukan biomassa dalam karamba dan kotoran (ekskresi dan feses) serta sisa pakan; (b) proses pembentukan melalui fotosintesa, memanfaatkan unsur hara menjadi biomassa fitoplankton dan oksigen. Oksigen yang dihasilkan merambah ke lapisan lebih dalam secara difusi dan adveksi menjadi cadangan oksigen. Proses mineralisasi sisa pakan/kotoran terjadi di lapisan tengah membebaskan unsur hara N, P, K, Si dengan memanfaatkan oksigen terlarut (DO), akibatnya cadangan DO berkurang, sehingga terbentuk ODR (*Oxygen Depletion Rate*) atau HODR (*Hypolimnion Oxygen Depletion Rate*). Konsekuensi dari dekomposisi ini menyebabkan peningkatan unsur hara khususnya fosfat (apabila kondisi sedimen

reduktif akan menyebabkan pelepasan P ke kolom air). Peningkatan unsur hara (N, P, Si) tersebut potensial menyebabkan *blooming* fitoplankton yang didominasi oleh kelompok Cyanophyceae, seperti *Mycrocystis* sp. Perkembangan fitoplankton tersebut akhirnya mengganggu keseimbangan kadar DO di perairan (Beveridge, 1984; Barg, 1992).

Akumulasi sisa pakan dan kotoran ikan di lapisan bawah atau dasar perairan yang menampungnya pada kondisi anaerob akan terdekomposisi dan menghasilkan: CO₂, H₂S, NH₃, CH₄ yang bersifat toksik terhadap ikan. Dinamika massa air di perairan *lotic* (mengalir) akan menyebabkan terangkatnya persenyawaan hasil dekomposisi bahan organik tersebut ke permukaan perairan yang dapat mengakibatkan kematian massal pada ikan peliharaan.

Kasus kematian massal ikan yang dipelihara pada karamba jaring apung di waduk Saguling sebanyak 1.042 ton pada tahun 1993, di waduk Cirata sebanyak 1.039 ton pada tahun 1994, di waduk Juanda-Jatiluhur sebanyak

1.560 ton pada tahun 1996 merupakan akibat penyuburan perairan yang bersumber dari budidaya perikanan (Krismono, 2004) dan tidak terkendalinya pertambahan jumlah unit karamba (Machbub, 2010). Fenomena ini terjadi karena pengangkatan massa air (*upwelling*) yang mengandung senyawa hasil dekomposisi bahan organik (Azwar *et al.*, 2004).

Pengkayaan bahan organik di sedimen akan menstimulasi aktivitas mikroba sehingga menimbulkan deoksigenasi (*hypoxia*) pada substrat dan kolom air di atasnya. Akibatnya akan menambah kedalaman lapisan reduktif atau mengurangi lapisan oksidatif di perairan, yang pada akhirnya akan mempengaruhi kehidupan biota di KJA. Stadia kritis terjadi jika jumlah oksigen di lapisan dasar perairan sungai tidak cukup untuk proses degradasi bahan organik yang bersumber dari *allochthonous* atau *autochthonous* (Costa-Pierce and Hadikusumah, 1990).

5. Senyawa nitrogen

Nitrogen di dalam air terdiri dari bermacam-macam senyawa, namun yang bersifat toksik terhadap ikan dan organisme akuatik lainnya adalah ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dan nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$). Senyawa ini selain berasal dari atmosfer juga banyak berasal dari sisa makanan, organisme mati dan hasil ekskresi metabolisme hewan akuatik. Ammonia dan nitrit merupakan senyawa nitrogen yang paling toksik, sedangkan nitrat hanya bersifat toksik pada konsentrasi tinggi (Effendi, 2003).

Ammonia dan nitrit termasuk persenyawaan kimia yang tidak dikehendaki kehadirannya karena bersifat racun. Ammonia dan nitrit dihasilkan dari dekomposisi persenyawaan nitrogen organik yang berasal dari jaringan hidup atau bahan yang mengandung protein pada suasana anaerobic atau defisiensi oksigen. Kadar ammonia 0,25 – 0,5 ppm dapat menyebabkan ikan stres dan lebih dari 1,0 ppm dapat mematikan ikan peliharaan (MacParland, 2008).

Racun amoniak terhadap ikan tergantung dari daya permeabilitas insang terhadap amoniak. Apabila konsentrasi amoniak cukup tinggi, ikan akan mati karena sesak napas (Wardoyo, 1982). Kadar amoniak yang aman untuk ikan yang peka adalah $\leq 0,02 \text{ mg L}^{-1}$ (Anonymous, 2001). Kehadiran nitrit yang berlebihan dapat mengoksidasi ion ferro dalam hemoglobin menjadi ion ferri yang mengubah hemoglobin menjadi metoglobin (Effendi, 2003).

6. Senyawa fosfat

Phosphate (PO_4^{-3}) ialah phosphor dalam bentuk partikulat yang terlarut dalam air dan merupakan nutrien yang dibutuhkan oleh semua organisme untuk proses dasar kehidupan. Phosphor sebagai unsur alam ditemukan di batu-batuan, tanah dan material organik (Murphy, 2007). Phosphor di perairan alami dibagi ke dalam tiga bagian, yaitu: phosphor reaktif mudah larut dikenal sebagai *Orthophosphate*, phosphor organik tidak reaktif

mudah larut yang dikenal sebagai *Polyphosphates* dan *phosphor partikulat* (Rigler, 1973; Murphy, 2007). Gabungan dari fosfor reaktif dan tidak reaktif mudah larut dikenal sebagai phosphor mudah larut (*soluble phosphorous*) dan gabungan seluruh komponen phosphor dikenal dengan sebutan total phosphor. Phosphor mudah larut dan partikulat dapat dipisahkan menggunakan filter membrane berukuran 0,45 micron (Aleart dan Santika, 1984).

Pada danau air tawar dan sungai, phosphor biasanya ditemukan sebagai nutrisi pembatas pertumbuhan (*the growth-limiting nutrient*), sebab ditemukan dalam jumlah relatif kecil untuk kebutuhan tumbuhan. Jika phosphor dan nitrogen terdapat dalam jumlah melimpah di dalam air maka akan terjadi peledakan jumlah alga dan tumbuhan air (eutrofikasi) yang kemudian akan mengalami kematian massal. Selanjutnya bakteri pengurai akan menguraikannya dan menggunakan oksigen yang menyebabkan konsentrasi oksigen

turun drastis yang dapat menyebabkan kematian ikan (Ryding and Rast, 1989; Murphy, 2007).

Phosphor merupakan faktor pembatas produktifitas primer di perairan tawar sebagaimana nitrogen di perairan laut. Pada perairan tawar dan payau, pelepasan phosphor dari unit budidaya dapat menyebabkan hipernutrifikasi yang dapat menimbulkan eutrofikasi. Untuk mencegah eutrofikasi, EPA merekomendasikan kadar total phosphate tidak boleh $> 0,05 \text{ mg L}^{-1}$ (sebagai phosphor) dalam aliran pada titik masuk ke danau atau waduk dan tidak boleh $> 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ dalam aliran yang tidak langsung masuk ke danau atau waduk (Murphy, 2007).

7. Limbah Nutrien

Pakan buatan yang diberikan kepada ikan peliharaan pada usaha budidaya ikan intensif seperti halnya budidaya ikan dalam karamba (*intensive cage fish culture*) merupakan sumber limbah nutrien terhadap lingkungan perairan di

sekitar areal budidaya ikan. Limbah nutrisi tersebut berasal dari pakan yang tidak termakan, urine dan faecal (Asir and Pulatsu, 2008; Johnsen *et al.*, 1993 dan Rachmansyah *et al.*, 2004). Masuknya limbah nutrisi ke dalam lingkungan perairan menyebabkan peningkatan kadar total-P dan Nitrogen organik yang merupakan nutrisi utama yang berasosiasi dengan eutrofikasi danau dan aliran (Chun *et al.*, 2010).

a. **Ekskresi nitrogen**

Hasil akhir proses katabolik protein (asam amino) meliputi ammonia-amonium, karbondioksida dan bikarbonat. Keseimbangan massa N untuk nitrogen antara yang masuk ke dalam perairan dalam bentuk *uneaten food*, urine, faecal dan bobot tubuh untuk produksi 1 ton ikan kerapu telah diestimasi oleh Usman *et al.* (2001) sebanyak 2.200 kg. Hasil analisis proximat didapatkan kandungan N pellet ikan sebanyak 0.0825 kg N kg⁻¹ pellet.

Jumlah N yang tersimpan dalam daging ikan sebanyak 30,5 kg N dan yang dilepaskan ke dalam perairan (*uneaten food*, faeces, ekskresi dan panas) sebanyak 151 kg N. Jumlah nitrogen yang diekskresikan tergantung dari kuantitas dan kualitas protein pakan serta komposisi asam amino (Faoconneau *et al.*, 1989 dalam Enell, 1982).

b. **Ekskresi fosfor**

Phosphor adalah salah satu elemen esensial untuk kehidupan. Phosphor merupakan faktor pembatas produktifitas primer di perairan tawar. Pada perairan tawar dan payau, pelepasan phosphor dari unit budidaya dapat menyebabkan hipernutrifikasi yang dapat menyebabkan eutrofikasi (Machbub, 2010; Dodds, 2003).

P tersedia dalam pakan diperlukan untuk pertumbuhan optimal juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) sebesar 8.49 g kg⁻¹ (Liang *et al.*, 2012), untuk pertumbuhan *common carp* (*Cyprinus carpio* L.) sebesar 5.55 g kg⁻¹ (Nwana *et al.*,

2010) dan African catfish (*Clarias gariepinus*) sebesar 6,70 – 8,20 g kg⁻¹ (Nwana *et al.*, 2009).

Prosentase pakan yang dimakan dan diekskresikan bergantung komposisi dan kualitas pakan. Enell (1982) menyebutkan bahwa 30% dari jumlah fosfor dalam pakan yang diberikan akan digunakan untuk pertumbuhan dan sisanya sebesar 70% dikeluarkan dalam bentuk terlarut 16% dan bentuk partikulat 54%. Ekskresi fosfor dalam faeces meningkat secara linear terhadap kadar fosfor pakan (Ambasankar *et al.*, 2006).

D. Dampak Limbah Budidaya terhadap Lingkungan Perairan

Limbah yang dihasilkan kegiatan budidaya mengandung bahan organik dan nutrien yang tinggi yang berasal dari sisa pakan dan faeces yang terlarut ke dalam perairan sekitarnya (Johnsen *et al.*, 1993; Buschmann *et al.*, 1996; McDonald *et al.*, 1996; Boyd *et al.*, 1998; Boyd, 1999;

Rachmansyah *et al.*, 2005). Pemberian pakan buatan pada usaha budidaya ikan dalam karamba menyebabkan akumulasi limbah organik yang mempengaruhi tingkat kesuburan (eutrofikasi) dan kelayakan kualitas air untuk kehidupan ikan yang dibudidayakan.

Pengkayaan nutrien pada budidaya perikanan intensif berdampak potensial pada perubahan kualitas air (Philips *et al.*, 1993; Boyd, 1999). Menurut Mc Donad *et al.*, (1996) 30% dari jumlah pakan yang diberikan tidak termakan dan 25-30% dari pakan yang dimakan akan diekskresikan. Sebagai akibatnya terdapat sejumlah bahan organik yang cukup besar (47,5% – 51%) masuk ke badan air.

Wallin dan Hakanson (1991) menyatakan bahwa Nitrogen yang masuk ke tubuh ikan antara 21-30%, terlarut dalam air 49-60%, dan ke sedimen 15-30%. Sedangkan Posfor diserap 15 - 30%, larut dalam air 16 - 26%, dan ke sedimen 51 - 59%. Udang dalam tambak intensif memakan 85% pakan dan 15% sisanya larut dalam air. Dari 85% tersebut, hanya 17% yang dipanen, 48%

untuk eksresi, molting, dan pemeliharaan; dan 20% lagi kembali kedalam air melalui faeces.

Beberapa kasus pengkayaan bahan organik dapat menyebabkan penurunan produktifitas budidaya dan meningkatkan mortalitas komoditas ikan budidaya (Johnsen *et al.*, 1993). Kiberia *et al.* (1996) menegaskan terdapat hubungan linier positif antara laju kehilangan phosphor per ton ikan silver perch (*Bidayus bydius*) dengan *feed conversion ratio* (FCR). Karena itu perbaikan FCR sangat penting untuk mereduksi beban limbah P dari sistem akuakultur ke dalam perairan (Ambasankar dan Ali, 2002).

Buschmann *et al.*, (1996) menyatakan untuk memproduksi 100 ton ikan salmon akan dihasilkan sebanyak 7.800 kg N dan 950 kg P hari⁻¹ ke lingkungan perairan. Konsentrasi TP sebesar 0,15 kg L⁻¹ (Kiberia *et al.*, 1996) dan P terlarut sebesar 0,1 ppm (Alabaster, 1982) cenderung dapat menimbulkan proses eutrofikasi badan air yang menerima beban limbah budidaya perikanan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

KERANGKA PEMIKIRAN DAYA DUKUNG LINGKUNGAN PERAIRAN TERHADAP BUDIDAYA IKAN KARAMBA

Pengkayaan nutrien ke lingkungan perairan sering terjadi pada aktifitas budidaya perikanan intensif, karena 30% dari jumlah pakan yang diberikan tidak termakan dan 25-30% dari pakan yang dimakan akan diekskresikan (McDonad *et al.*, 1996). Sehingga terdapat bahan organik yang cukup besar (47,5% – 51,0%) masuk ke badan air yang berdampak potensial pada perubahan kualitas air (Philips *et al.*, 1993; Boyd, 1999).

Pakan yang tidak termakan dan hasil eksresi ikan peliharaan akan meningkatkan kandungan TSS, BOD, COD, N, P, sedimentasi dan siltasi, *hypoxia*, *hypernutrifikasi*, perubahan produktivitas dan struktur komunitas benthik (Barg, 1992). Akumulasi sisa pakan/kotoran ikan di dasar perairan pada kondisi anaerob akan terdekomposisi dan melepaskan

senyawa: CO₂, H₂S, NH₃, CH₄ yang bersifat toksik terhadap ikan yang selanjutnya dapat menyebabkan penurunan produksi ikan yang dibudidayakan. Dampak budidaya perikanan karamba (*cage culture*) terhadap lingkungan seringkali terabaikan dan jarang menjadi subjek penelitian atau pengamatan (Lin *et al.*, 2003).

Penurunan kualitas perairan di lokasi perikanan karamba desa Sungai Alang bersumber dari dua faktor utama, yaitu faktor yang tidak dapat dikendalikan (faktor alam) dan faktor yang dapat dikendalikan (aktifitas budidaya). Faktor yang tidak dapat dikendalikan terdiri dari: karakteristik fisik aliran, kecepatan arus, kedalaman dan debit aliran. Faktor yang dapat dikendalikan terdiri dari: jumlah unit karamba, kepadatan ikan dalam karamba, jumlah pakan yang diberikan dan kualitas pakan (FCR).

Karakteristik fisik aliran, kecepatan arus, kedalaman dan debit aliran akan mempengaruhi proses pengenceran dan penyebaran bahan pencemar (sisa pakan dan hasil ekskresi) yang dapat menentukan kecepatan proses swapentahiran (*self puripication*) pada badan air sungai yang menerima

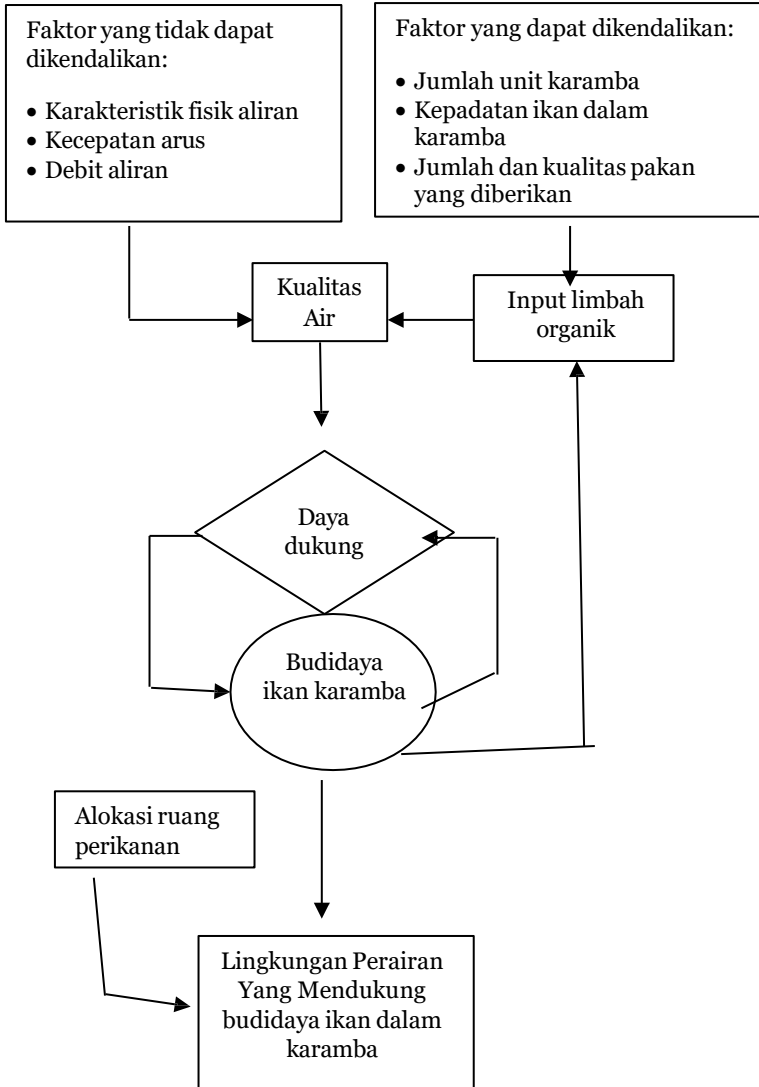
limbah perikanan karamba. Dinamika massa air di perairan *lotic* (mengalir) juga dapat menyebabkan terangkatnya persenyawaan hasil dekomposisi bahan organik ke permukaan perairan yang dapat meningkatkan mortalitas ikan peliharaan dan menyebabkan kerugian besar pada pembudidaya ikan.

Jumlah unit karamba yang diusahakan dan kepadatan ikan dalam karamba serta jumlah dan kualitas pakan yang diberikan akan menentukan besaran volume input limbah organik ke lingkungan perairan. Interaksi faktor yang tidak dapat dikendalikan dan faktor yang dapat dikendalikan akan mempengaruhi kualitas perairan di lokasi perikanan karamba dan menentukan daya dukung perairan terhadap usaha budidaya perikanan karamba yang diusahakan.

Usaha budidaya ikan dalam karamba di perairan Sungai Riam Kanan memiliki manfaat yang bersifat multidimensional, yaitu sebagai sumber protein hewani, sumber penghasilan keluarga dan manfaat sosial menyerap tenaga kerja. Untuk menjaga kesinambungan usaha budidaya ikan dalam karamba di perairan Sungai Riam Kanan agar dapat

memberikan manfaat yang optimal untuk masyarakat yang mengusahakannya maka jumlah unit karamba yang diusahakan per satuan area harus sesuai dengan kemampuan daya dukung perairan sungai.

Pengembangan usaha budidaya berbasis daya dukung lingkungan dengan mengintegrasikan aspek ekologi perlu dilakukan. Karena itu, analisis tentang pengelolaan budidaya ikan dalam karamba di perairan Sungai Riam Kanan berbasis daya dukung lingkungan perairan sungai diperlukan untuk menjaga keberlanjutan produktivitas budidaya perikanan karamba.



Gambar 4. Bagan konseptual kerangka pemikiran

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HUBUNGAN DAYA DUKUNG LINGKUNGAN PERAIRAN TERHADAP BUDIDAYA IKAN KARAMBA

A. Beban Limbah Organik

Estimasi beban limbah organik dari aktifitas budidaya perikanan karamba dihitung berdasarkan bobot pakan yang tidak termakan (*uneaten food*) dan kotoran (*faeces*) ikan peliharaan yang masuk ke perairan sungai selama uji coba 112 hari (16 minggu).

Bobot limbah organik dari kegiatan budidaya perikanan karamba per hari yang masuk ke perairan tergantung pada umur dan padat tebar ikan (*stocking density*). Pertambahan umur akan diikuti pertambahan bobot ikan dan penyesuaian bobot pakan yang diberikan kepada ikan peliharaan. Peningkatan padat tebar akan menyebabkan bertambahnya bobot pakan per satuan unit karamba. Sehingga penambahan umur

dan padat tebar ikan akan menyebabkan penambahan bobot limbah organik yang masuk ke perairan dari kegiatan budidaya perikanan karamba.

Perbedaan padat tebar menghasilkan bobot limbah organik yang berbeda. Rerata bobot limbah organik yang dihasilkan karamba A dengan padat tebar 50 ekor m^{-2} pada masa pemeliharaan 2 minggu pertama sebanyak $18,696 \pm 0,099$ g $hari^{-1}$ lebih kecil dari rerata bobot limbah organik yang dihasilkan karamba B dengan padat tebar 114 ekor m^{-2} pada masa pemeliharaan yang sama yaitu sebesar $218,607 \pm 0,903$ g $hari^{-1}$.

Peningkatan padat tebar dari 50 ekor m^{-2} menjadi 114 ekor m^{-2} menyebabkan penambahan proporsi bobot limbah organik yang lebih besar dengan selisih 199,911 g $hari^{-1}$. Proporsi penambahan padat tebar (128%) lebih kecil dibandingkan proporsi penambahan limbah organik (1.069,27 %) yang dihasilkan dari kegiatan budidaya perikanan karamba. Total limbah organik yang dihasilkan karamba A dan B ke lingkungan perairan selama masa pemeliharaan 16

minggu adalah $6.240,761 \pm 46,188$ g dan $36.606,217 \pm 198,824$ g.

Beban limbah organik yang dihasilkan aktifitas budidaya perikanan karamba di perairan sungai Alang dengan jumlah unit karamba sebanyak 700 buah adalah $228,789$ kg hari⁻¹. Machbub (2010) melaporkan adanya peningkatan buangan limbah organik ke perairan waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur karena meningkatnya jumlah karamba jaring apung yang menyebabkan peningkatan penggunaan pakan menjadi 174.000 ton. Peningkatan penggunaan pakan ikan pada budidaya perikanan akan diikuti oleh peningkatan buangan organik, karena sebesar 25 – 30% dari pakan yang dimakan akan dieksresikan (McDonald *et al.*, 1996).

B. Pertambahan Berat dan Panjang

Hasil perhitungan nilai parameter respon ikan yang meliputi: pertambahan berat dan panjang total, laju pertumbuhan spesifik, konversi pakan dan tingkat kelangsungan hidup pada dua kondisi padat penebaran selama 112 hari (16

minggu). Pertambahan berat dan panjang total ikan yang dinyatakan dalam persen digunakan untuk mengekspresikan pertumbuhan ikan. Persentase pertambahan berat rerata individu ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) pada kedua karamba yang berbeda padat penebarannya bercorak sigmoid (Gambar 9). Corak pertumbuhan yang sama juga didapatkan pada hasil penelitian Supriyatna (2007), Said dan Mayasari (2010). Corak pertumbuhan tersebut merupakan pola pertumbuhan yang umum pada ikan (Ricker, 1975).

Persentase pertambahan berat ikan selama masa pemeliharaan dapat di bagi menjadi tiga fase. Fase pertama adalah pertumbuhan lambat yang terjadi pada minggu ke 0 – 6. Fase pertumbuhan kedua adalah pertumbuhan sedang, terjadi pada minggu ke 6 – 12. Fase ketiga adalah pertumbuhan cepat dan merupakan peningkatan persentase pertambahan berat terbesar yang terjadi pada periode minggu ke 12 – 16.

Persentase pertambahan berat rerata individu selama masa pemeliharaan 16 minggu

mencapai 4.213,6% untuk karamba A dan 3.849,8% karamba B dengan laju pertumbuhan spesifik masing-masing sebesar 3,31% dan 3,27% hari⁻¹. Laju pertumbuhan spesifik dapat berbeda antar jenis ikan (Kumar *et al.*, 1988), umur ikan (Nandeeshha *et al.*, 2000), dan lingkungan perairan tempat hidup ikan (Vandeputte *et al.*, 2008). Laju pertumbuhan spesifik ikan peliharaan termasuk dalam kategori normal karena pada kondisi alamiah, ikan mas dapat tumbuh 2 – 4% berat badan per hari (FAO, 2006). Pola persentase penambahan panjang total rerata individu pada dua tingkat kepadatan cenderung sama dan menyerupai garis lurus. Persentase penambahan panjang total pada enam minggu pertama terlihat lebih lambat.

C. Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan

Penyakit dan kualitas air merupakan dua faktor utama yang mempengaruhi kelangsungan hidup ikan. Kedua faktor tersebut dapat berkerja secara sinergis atau terpisah. Pada kondisi kualitas air yang jelek, intensitas dan efek

serangan penyakit menjadi lebih besar. KHV (*Koi Herpes Virus*) merupakan penyakit mematikan yang banyak menyerang ikan mas budidaya di sungai Riam Kanan (Diskanlut Provinsi Kalimantan Selatan, 2008). Penyakit ini menyerang ikan mas budidaya jika suhu air lebih rendah dari suhu air alamiah dalam jangka waktu lama. Penyakit ini menyerang berbagai ukuran ikan mulai larva hingga induk, biasanya terjadi pada kisaran suhu 18 – 28 °C dan dapat menyebabkan kematian 80 – 100% (Perelberg *et al.*, 2003; Gilad *et al.*, 2003 dan Ilouze *et al.*, 2006). Jika suhu kembali normal, intensitas dan efek serangan menjadi berkurang.

D. Konversi Pakan (FCR)

Konversi pakan (*Feed Conversion Ratio* = FCR) ialah parameter yang lazim digunakan menggambarkan efisiensi penggunaan pakan untuk meningkatkan biomassa ikan. Makin kecil nilai FCR makin efisien penggunaan pakan untuk pertumbuhan atau penambahan biomassa ikan. Hasil perhitungan nilai FCR ikan mas yang

dipelihara dalam karamba selama masa pemeliharaan sebesar $2,03 \pm 1,2108$. Nilai FCR tersebut menggambarkan bahwa untuk menaikkan berat badan ikan mas yang dipelihara dalam karamba sebesar 1 kg diperlukan sebanyak $\pm 2,03$ kg pakan ikan. Nilai FCR yang diperoleh dari budidaya ikan mas dalam karamba di perairan sungai lebih besar dari yang diperoleh Ndahawali (2011) pada jenis ikan yang sama di perairan Danau Tondano yaitu sebesar 1,3 – 1,68.

Tiap jenis pakan memiliki nilai FCR yang berbeda tergantung campuran bahan pakan yang digunakan. Ikan mas membutuhkan 31 – 38% protein kasar dalam pakannya (Tuan, 2010). Penggunaan beberapa level persentase tepung eritrocyte sebagai pengganti tepung ikan menghasilkan nilai FCR = 1,51 – 2,66 (Przybyl *et al.*, 2006) dan bahan kacang kedelai sebagai sumber protein dapat memacu peningkatan nilai FCR (Priyadarshini *et al.*, 2011).

E. Beban Limbah Fosfor dan Nitrogen

Total limbah fosfor dan nitrogen yang masuk ke lingkungan perairan sungai Riam Kanan yang bersumber dari aktifitas budidaya perikanan karamba diperoleh dari hasil perkalian bobot limbah organik dan kadar fosfor total dan nitrogen total yang terkandung dalam limbah organik.

Kadar N total dan P total yang dihasilkan kegiatan budidaya perikanan karamba berbeda antar karamba percobaan. Karamba B (114 ekor m²) melepaskan N total dan P total yang lebih besar ke perairan dibandingkan karamba A (50 ekor m²). Kadar N total dan P total per hari yang dihasilkan kedua unit karamba bervariasi. Semakin besar padat tebar (produksi/unit), semakin besar pula bobot N total dan P total yang dilepaskan ke lingkungan perairan (Boyd, 1999 dan Rachmansyah *et al.*, 2005).

F. Analisis Daya Dukung Perairan

Unsur Nitrogen (total N) dan fosfor (total P) yang terkandung dalam pakan ikan merupakan sumber pencemaran air yang dapat mendorong

terjadinya eutrofikasi (Machbub, 2010). Oleh karena itu, beban kedua parameter ini lazim digunakan sebagai penentu daya dukung perairan untuk pengembangan budidaya perikanan (Elley *et al.*, 1972; Beveridge, 1984; Costa-Pierce dan Hadikusumah, 1990; Kiberia *et. al.*, 1996; Costa-Pierce, 1998; Lin *et al.*, 2003; Rachmansyah *et al.*, 2005; dan Machbub, 2010). Besarnya daya dukung perairan untuk kegiatan budidaya perikanan ditentukan dengan menggunakan pendekatan beban limbah P total, beban limbah N total dan kapasitas ketersediaan oksigen terlarut dalam air.

1. Penentuan daya dukung perairan berdasarkan beban limbah P total

Penentuan daya dukung perairan terhadap kegiatan budidaya perikanan karamba berdasarkan beban limbah P total (Beveridge, 1984). Beban limbah P total yang dihitung didasarkan pada kapasitas perairan untuk menerima beban limbah P total dari aktifitas budidaya perikanan karamba yang masih mendukung keberlangsungan budidaya

perikanan. Penentuan kapasitas didasarkan hasil pengukuran kadar P total ambien dan nilai ambang batas kadar P total yang masih dapat ditoleransi untuk budidaya perikanan air tawar sebagaimana tercantum dalam Lampiran PP 82 tahun 2001, yaitu sebesar $1,00 \text{ mg L}^{-1}$.

Berdasarkan hasil perhitungan beban limbah P total dari kegiatan budidaya perikanan karamba dapat diketahui kapasitas maksimum P total yang diperbolehkan dari unit budidaya perikanan karamba, $L_{\text{fish}} = \Delta P * \dot{Z} * \rho / (1 - R_{\text{fish}}) = 508,9482 \text{ mg m}^{-3} = 0,509 \text{ g m}^{-2}$. Total beban P per unit karamba sesuai daya dukung perairan = $L_{\text{fish}} * \text{luas karamba} = 0,509 \text{ g m}^{-2} * 4,375 \text{ m}^2 = 2,2266 \text{ g}$.

Jumlah unit karamba yang dapat diusahakan sesuai daya dukung perairan dapat ditetapkan dari kapasitas daya dukung per unit karamba dibagi dengan beban P total yang dihasilkan oleh unit karamba A dan B. Jumlah unit karamba A = $2,2266 \text{ g} / 0,035 \text{ g} = 63,618$ buah (63 – 64 buah). Jumlah unit karamba B = $2,2266 \text{ g} / 0,207 \text{ g} = 10,757$ buah (10 – 11 buah).

2. Penentuan daya dukung perairan berdasarkan ketersediaan O_2 dalam badan air

Oksigen merupakan molekul gas yang diperlukan untuk proses respirasi organisme di berbagai habitat, khususnya di lingkungan atmosfer dan hidrosfer. Oksigen yang dapat dimanfaatkan organisme akuatik, terutama ikan, tersedia dalam bentuk oksigen terlarut. Pemberian pakan sebagai faktor utama pemacu pertumbuhan pada sistem budidaya perikanan intensif seringkali menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut. Karena itu pengurangan kadar oksigen terlarut dan pengendalian ketersediaan kadar oksigen pada level yang sesuai untuk menunjang pertumbuhan ikan menjadi perhatian utama pembudidaya ikan pada lingkungan semi tertutup seperti kolam dan tambak (McLean *et al.*, 1993; Parker 2000). Penggunaan *paddle wheel* dan pembuatan *cascade* pada saluran pemasukan air untuk meningkatkan difusi oksigen merupakan upaya lazim dilakukan oleh pembudidaya ikan. Hal

tersebut dilakukan untuk mempertahankan kadar oksigen terlarut pada tingkat yang optimal.

Pada lingkungan terbuka dengan kondisi perairan yang bersifat *common property*, pengkayaan oksigen terlarut melalui introduksi teknologi jarang dilakukan. Penerapan teknologi kurang efektif dan efisien karena hamparan perairan yang luas. Pengendalian sumber penyebab penurunan kadar oksigen, seperti pembatasan jumlah unit usaha budidaya perikanan dan pengaturan ruang untuk penempatan unit usaha budidaya merupakan upaya yang lebih memungkinkan untuk dilaksanakan.

Penentuan kapasitas ketersediaan oksigen terlarut (DO) merupakan pendekatan yang lazim dilakukan untuk menduga kemampuan asimilasi perairan sebagai dasar untuk menentukan daya dukung perairan. Penentuan kapasitas ketersediaan DO didasarkan pada kadar DO yang diperoleh dari hasil pengukuran

secara periodik dan kadar DO yang diinginkan sesuai peruntukan perairan.

Hasil pengukuran DO rata-rata yang dilakukan selama periode 28 Mei – 04 September 2011 (C_{oi}) = 6,88 g m⁻³. Kadar DO minimal yang diinginkan untuk lingkungan perairan sungai Riam Kanan (C_o) = 6,00 g m⁻³ (Per. Gub. Kal. Sel. No. 05 Tahun 2007). Kadar DO tersedia yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya karamba = 6,88 – 6,0 g m⁻³ = 0,88 g m⁻³. Volume badan air sungai dengan dimensi panjang 100 m, lebar 31 m dan kedalaman rata-rata = 1,705 m sebesar 5.285,5 m³. Total DO tersedia dalam perairan (R_o) = 5.285,5 x 0,88 = 4.651 kg O₂. Oksigen yang diperlukan untuk setiap 1 kg pakan (FOC = *Feed Oxygen Consumption*) sebesar 0,225 kg O₂. (Parker, 2000). Jumlah pakan yang dapat diberikan per hari tanpa merubah kadar oksigen yang diharapkan (Fr) = 4.651 kg O₂ / 0,225 kg O₂ / kg pakan / hari = 20.672 kg pakan hari⁻¹. Jumlah biomassa maksimum sesuai daya dukung untuk karamba A (SBM_A =

Sustainability biomass maximum) = 20.672 kg pakan hari⁻¹/ 3 kg pakan hari⁻¹/ kg ikan = 6.891 kg ikan.

Jika bobot ikan per ekor yang menjadi target produksi perikanan karamba = 500 g, bobot populasi karamba A = 500 g x 50 ekor m⁻³ x 4,375 m³ = 109,375 kg, maka jumlah karamba A yang dapat dioperasikan sesuai dengan daya dukung lingkungan = 6.891 kg ikan / 109,375 kg ikan = 63,00 buah karamba.

Jumlah biomassa maksimum sesuai daya dukung untuk karamba B ($SBM_B = \textit{Sustainability biomass maximum}$) = 20.672 kg pakan hari⁻¹/ 5 kg pakan hari⁻¹/ kg ikan = 4.134,43 kg ikan. Bobot populasi karamba B = 500 g x 114 ekor m⁻² x 4,375 m² = 249,375 kg, maka jumlah karamba B yang dapat dioperasikan sesuai dengan daya dukung lingkungan = 4.134,43 kg ikan / 249,375 kg ikan = 16,579 (16 – 17) buah karamba.

3. Daya dukung perairan Sungai Riam Kanan

Dari seluruh parameter kualitas air yang berpengaruh terhadap ikan, oksigen terlarut dan ammonia merupakan parameter terpenting, terutama pada budidaya perikanan sistem intensif (Francis-Floyd *et al.*, 2009). Kedua parameter tersebut hadir di ekosistem perairan dalam wujud gas. Dinamika kadar kedua parameter tersebut di ekosistem perairan sangat besar yang dapat bersumber dari lingkungan perairan (internal) dan luar perairan (eksternal). Turbulensi aktif air sungai karena arus dan gelombang merupakan sumber nitrogen eksternal yang akan meningkatkan difusi Nitrogen dan Oksigen sebagai komponen gas utama di atmosfer ke perairan.

Dekomposisi bahan organik yang mengandung protein merupakan sumber nitrogen internal untuk lingkungan perairan dan sekaligus dapat mereduksi ketersediaan oksigen terlarut di perairan. Meskipun kedua unsur tersebut merupakan pembentuk

parameter kualitas air yang terpenting untuk budidaya perikanan, fluktuasinya cukup besar dan sulit untuk dikontrol dibandingkan fosfor.

Fosfat termasuk dalam kelompok *minor ion* dan tidak terdapat di atmosfer. Sumber alami fosfor di perairan berasal dari kerak bumi yang keberadaannya pun relatif sedikit dan mudah mengendap. Fosfor termasuk kelompok unsur esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga akuatik serta sangat mempengaruhi produktifitas perairan (Effendi, 2003). Meskipun fosfor dalam bentuk fosfat terdapat dalam konsentrasi yang rendah di perairan alami (Boyd, 1981), fosfat sering menjadi penyebab terjadinya eutrofikasi di ekosistem perairan tawar yang memungkinkan alga (*blue-green algae*) berkembang dengan pesat (*blooming*).

Problem eutrofikasi baru disadari pada dekade awal abad ke-20 saat alga banyak tumbuh di danau-danau dan ekosistem air lainnya. Melalui penelitian jangka panjang pada berbagai danau kecil dan besar, para peneliti

akhirnya dapat menyimpulkan bahwa fosfor merupakan elemen kunci di antara nutrient utama tanaman di dalam proses eutrofikasi.

Menurut Morse *et al.*, (2002) sumber fosfor adalah 10 % berasal dari proses alamiah di lingkungan air itu sendiri (*background source*), 7 % dari industri, 11 % dari detergen, 17 % dari pupuk pertanian, 23 % dari limbah manusia dan yang terbesar, 32% dari limbah peternakan, termasuk perikanan. Tepung ikan yang digunakan dalam pakan ikan mengandung fosfor berkadar 2,6 – 5,3% (Bai, 2001) yang dapat meningkatkan eutrofikasi pada sistem akuakultur dan area sekitarnya.

Sebagian besar fosfat terlarut akan terdeposisi dan dan terjerap di sedimen dasar perairan. Dalam suasana anaerob fosfat yang terjerap di sedimen secara perlahan-lahan (*slow releasing*) akan dilepaskan kembali ke perairan menambah ketersediaan fosfat terlarut. Pemulihan kondisi perairan yang tercemar fosfat memerlukan waktu yang lama. Berdasarkan sumber fosfat di perairan dan

dinamikanya di lingkungan akuatik, maka pengendalian terhadap kadar P total lebih memungkinkan dilakukan untuk pengelolaan usaha budidaya perikanan karamba sesuai daya dukung perairan.

Jumlah unit karamba dengan padat tebar 50 ikan m^{-2} dan 114 ikan m^{-2} untuk panjang aliran 100 m yang sesuai daya dukung perairan sungai berdasarkan pendekatan beban P total masing-masing sebesar 60 – 64 unit dan 10 – 12 unit. Kondisi ini menunjukkan bahwa jumlah unit karamba yang diusahakan oleh penduduk desa Sungai Alang pada saat ini (80 unit per 100 m panjang sungai) telah melebihi daya dukung perairan.

G. Kualitas Air

Hasil pengukuran kualitas air selama penelitian memperlihatkan adanya variasi nilai antar periode pengamatan pada beberapa parameter kualitas air. Perubahan nilai parameter kualitas air yang terjadi berkaitan erat dengan dinamika massa air dan fluktuasi kedalaman air.

Dalam masalah kualitas air terdapat beberapa aspek yang juga sangat penting:

1. **Suhu air**

Kisaran suhu air selama masa penelitian tidak menunjukkan variasi yang besar antar periode pengamatan dan antar lokasi pengukuran. Suhu air terendah sebesar $27,20^{\circ}\text{C}$ dan tertinggi sebesar $29,98^{\circ}\text{C}$. Kisaran rerata suhu air antar lokasi pengukuran adalah $28,85^{\circ}\text{C} - 28,95^{\circ}\text{C}$. Suhu air rata-rata terendah sebesar $28,85 \pm 0,703^{\circ}\text{C}$ terukur pada bagian hulu karamba percobaan dan tertinggi sebesar $28,95 \pm 0,704^{\circ}\text{C}$.

Fluktuasi suhu air selama penelitian tergolong kecil, yaitu $< 3^{\circ}\text{C}$ dan sangat ideal untuk menunjang kelangsungan hidup ikan (Alabaster dan Lloyd, 1980 dan Anonymous, 2001). Adanya pengadukan yang kuat karena arus yang deras pada ekosistem *lothic* menjadikan suhu air cenderung seragam antar lokasi pengukuran. Untuk menunjang kehidupan ikan diperlukan kisaran dan fluktuasi suhu yang ideal. Kebanyakan ikan

tropis dapat tumbuh dengan baik pada kisaran suhu air 25 – 32 °C (Boyd dan Lichkopler, 1991; LoweMcConnel, 1987). Hasil pengukuran suhu air selama penelitian masih berada dalam kisaran suhu ideal untuk pertumbuhan ikan mas di alam yang menghendaki suhu 23 – 30°C (Balon, 2006; Peteri, 2006; Balik *et al.*, 2006; FAO, 2009).

2. Kecerahan air

Kecerahan air menunjukkan variasi antar waktu pengukuran, yaitu berkisar antara 1,067 – 1,700 m (rerata = $1,332 \pm 0,205$ m). Kecerahan air dapat berpengaruh langsung dan tidak langsung pada ikan. Pengaruh langsung kecerahan adalah mengurangi kemampuan penglihatan ikan dengan pengaruh lanjutan mengurangi efektifitas pengambilan makanan. Pengaruh tidak langsung adalah menurunkan produktifitas perairan sehingga mengurangi ketersediaan makanan alami untuk ikan. Kecerahan terbesar terukur pada periode

pengamatan minggu keempat dan terkecil terukur pada minggu ke 12 dan ke 16.

3. Kedalaman air

Kedalaman perairan selama penelitian berfluktuasi dengan kisaran 1,42 – 1,98 m (rerata $1,705 \pm 0,2370$). Kedalaman terbesar ditemukan pada minggu pertama kemudian terjadi penurunan yang berfluktuasi hingga minggu ke 16. Perubahan kedalaman perairan berkaitan dengan penurunan debit aliran dan intensitas hujan. Kedalaman terkecil (1,42 m) terjadi pada minggu ke 16 bertepatan dengan intensitas hujan yang rendah pada bulan September 2011. Profil kedalaman air selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 15. Kedalaman air di bawah karamba selama penelitian berkisar 0,52 – 1,08 m dan berada pada batas minimal untuk usaha budidaya perikanan karamba yang mensyaratkan kedalaman minimal di bawah karamba sebesar 0,5 m (Maser, 1997).

4. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) selama penelitian tidak menunjukkan variasi yang besar antar periode pengamatan dan antar lokasi pengukuran (Gambar 16). Kecuali pada periode pengukuran minggu ke 12 terlihat adanya fluktuasi pH sebesar 1,0 antar badan air dan karamba. Nilai pH air terendah sebesar 5,50 dan tertinggi sebesar 6,70. Kisaran rerata pH air antar lokasi pengukuran adalah $5,92 \pm 0,20$ – $6,07 \pm 0,35$. Nilai pH air rata-rata terendah sebesar $5,92 \pm 0,20$ terukur pada karamba B dan tertinggi sebesar $6,07 \pm 0,35$ terukur pada bagian hulu karamba.

Fluktuasi nilai pH yang cukup mencolok pada minggu ke 12 terjadi karena adanya peningkatan loading bahan organik yang besar pada karamba ikan peliharaan (50,75%) dan peningkatan intensitas dekomposisi bahan organik. Dekomposisi bahan organik akan meningkatkan kelarutan senyawa asam yang akan menurunkan pH perairan (Cole, 1988 dan Mackereth *et al.*, 1989).

Secara keseluruhan fluktuasi pH antar lokasi pengukuran selama periode penelitian ≤ 1 . Meskipun demikian, penurunan nilai pH air pada karamba dan bagian hilir sungai telah berada pada kondisi yang kurang ideal untuk kehidupan ikan yang menghendaki pH air ideal berkisar antara 6 – 9 (Anonymous, 2001). Produktifitas ekosistem perairan dianggap rendah bila pH air $< 5,0$ dan akan mempengaruhi resirkulasi nutrien dalam ekosistem perairan yang ditandai dengan penurunan rata-rata penguraian bahan organik dan terhambatnya fiksasi nitrogen (Dodds, 2002; Effendi, 2003).

Derajat keasaman air yang ideal untuk budidaya ikan adalah 7,5 – 8,5, namun demikian pH antara 6,5 – 9,0 masih dapat dikategorikan baik untuk pemeliharaan ikan (Alabaster dan Lloyd, 1982 dan Anonymous, 2001) tetapi lebih kecil atau lebih besar dari nilai tersebut dapat menurunkan pertumbuhan ikan mas (Famarzi *et al.*, 2011). Nilai pH antara 9 dan 10 membahayakan beberapa jenis

ikan dan di atas pH 10 dan di bawah 4 sudah bisa mematikan ikan (Alabaster dan Llyod, 1982; Efendi, 2003).

5. **Amoniak (NH₃-N)**

Nitrogen di dalam air terdiri dari bermacam-macam senyawa, namun yang bersifat toksik terhadap ikan dan organisme akuatik lainnya adalah ammonia (NH₃-N dan NH₄-N) dan nitrit (NO₂-N). Senyawa ini selain berasal dari atmosfer juga banyak berasal dari sisa makanan, organisme mati dan hasil ekskresi metabolisme hewan akuatik. Ammonia dan nitrit merupakan senyawa nitrogen yang paling toksik, sedangkan nitrat hanya bersifat toksik pada konsentrasi tinggi (Effendi, 2003).

Kisaran NH₃-N selama masa penelitian tidak menunjukkan variasi yang besar antar periode pengamatan dan antar lokasi pengukuran. Kadar NH₃-N terendah sebesar 0,020 mg L⁻¹ dan tertinggi sebesar 0,063 mg L⁻¹. Kisaran rerata kadar NH₃-N antar lokasi

pengukuran adalah $0,036 - 0,047 \text{ mg L}^{-1}$. Kadar $\text{NH}_3\text{-N}$ rata-rata terendah sebesar $0,036 \pm 0,010 \text{ mg L}^{-1}$ terukur pada bagian hulu karamba percobaan dan tertinggi sebesar $0,047 \pm 0,005 \text{ mg L}^{-1}$.

Ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dan nitrit termasuk persenyawaan kimia yang tidak dikehendaki kehadirannya di perairan oleh ikan karena bersifat racun terhadap organisme akuatik. Ammonia dan nitrit dihasilkan dari dekomposisi persenyawaan nitrogen organik yang berasal dari jaringan hidup atau bahan yang mengandung protein pada suasana anaerobic atau defisiensi oksigen. Racun amoniak terhadap ikan tergantung dari daya permeabilitas insang terhadap amoniak. Apabila konsentrasi amoniak cukup tinggi, ikan akan mati karena sesak napas (Wardoyo, 1982). Kadar ammonia $0,25 - 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ dapat menyebabkan ikan stres dan $>1,0 \text{ mg L}^{-1}$ dapat mematikan ikan peliharaan (MacParland, 2008). Kadar amoniak yang aman untuk ikan

yang peka adalah $\leq 0,02 \text{ mg L}^{-1}$ (Anonymous, 2001).

Peningkatan kadar $\text{NH}_3\text{-N}$ yang terukur pada karamba bersumber dari pakan yang tidak termakan dan kotoran yang dihasilkan oleh ikan peliharaan. Peningkatan kadar $\text{NH}_3\text{-N}$ dapat terjadi karena adanya dekomposisi dari sisa pakan yang tidak termakan dan kotoran ikan (Barg, 1992; Masser, 1997; Baveridge, 1984; Baveridge, 2004; Pillay, 1990 dan Schimittou, 2004). Fluktuasi kadar $\text{NH}_3\text{-N}$ air selama penelitian tergolong kecil dan ideal untuk menunjang kelangsungan hidup ikan yang mempersyaratkan kadar $\text{NH}_3\text{-N} < 0,25 \text{ mg L}^{-1}$ (MacParland, 2008; Alabaster dan Lloyd, 1980 dan Anonymous, 2001).

6. Nitrat nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$)

Kadar $\text{NO}_3\text{-N}$ terkecil terukur sebesar $0,100 \text{ mg L}^{-1}$ dan tertinggi sebesar $1,00 \text{ mg L}^{-1}$. Kisaran rerata kadar $\text{NO}_3\text{-N}$ selama masa penelitian adalah $0,230 \pm 0,179 - 0,304 \pm 0,290 \text{ mg L}^{-1}$. Kadar $\text{NO}_3\text{-N}$ terkecil sebesar

0,230±0,179 mg L⁻¹ terukur pada Karamba A dan tertinggi sebesar 0,304±0,290 mg L⁻¹ terukur di bagian hilir Karamba. Hasil pengukuran kadar NO₃-N memperlihatkan adanya kecenderungan peningkatan pada hilir karamba. Peningkatan kadar NO₃-N pada hilir karamba masih berada dalam kriteria yang ideal untuk budidaya perikanan dengan kadar maksimum NO₃-N sebesar 20 mg L⁻¹ (Anonymous, 2001).

7. Fosfat total (PO₄-total)

Kadar PO₄ total terkecil terukur sebesar 0,012 mg L⁻¹ dan tertinggi terukur sebesar 0,058 mg L⁻¹. Kisaran rerata kadar PO₄ total selama penelitian adalah 0,020±0,009 – 0,027±0,018 mg L⁻¹. Kadar PO₄ total terkecil sebesar 0,020±0,009 mg L⁻¹ dan tertinggi sebesar 0,027±0,018 mg L⁻¹ terukur pada Karamba. Hasil pengukuran kadar PO₄ total memperlihatkan adanya kecenderungan peningkatan pada karamba.

Pada danau air tawar dan sungai, phosphor biasanya ditemukan sebagai nutrisi pembatas pertumbuhan (*the growth-limiting nutrient*), sebab ditemukan dalam jumlah relatif kecil untuk kebutuhan tumbuhan. Jika phosphor dan nitrogen terdapat dalam jumlah melimpah di dalam air maka akan terjadi peledakan jumlah alga dan tumbuhan air (eutrofikasi) yang kemudian akan mengalami kematian massal. Selanjutnya bakteri pengurai akan menguraikannya dan menggunakan oksigen yang menyebabkan konsentrasi oksigen turun drastis yang dapat menyebabkan kematian ikan (Ryding and Rast, 1989; Murphy, 2007).

Untuk mencegah hipernutrifikasi karena pelepasan phosphor dari unit budidaya yang dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi, EPA merekomendasikan kadar total phosphate tidak boleh lebih dari $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ (sebagai phosphor) dalam aliran pada titik masuk ke danau atau waduk dan tidak boleh lebih dari $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ dalam aliran yang tidak langsung masuk

ke danau atau waduk (Murphy, 2007). Kisaran kadar PO_4 total yang terukur pada keempat lokasi pengukuran masih berada dalam kriteria yang layak untuk budidaya perikanan dengan kadar maksimum $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ (Anonymous, 2001 dan Effendi, 2003).

8. Oksigen terlarut (DO)

Oksigen terlarut adalah parameter kimia yang paling kritis di dalam budidaya ikan karena pengaruh langsungnya terhadap kehidupan ikan, yaitu mempengaruhi kadar oksigen yang dikandung pembuluh darah arteri. Oleh karena itu jika diketahui level kritis oksigen untuk kehidupan normal ikan yang dibudidayakan dapat diduga daya dukung unit budidaya yang dikembangkan (Itazawa, 1971).

Hasil pengukuran kadar Oksigen terlarut (DO) pada keempat lokasi pengukuran menunjukkan variasi yang cukup besar dengan nilai terendah $4,70 \text{ mg L}^{-1}$ dan terbesar $8,00 \text{ mg L}^{-1}$. Kisaran DO rerata selama penelitian adalah $5,850 \pm 0,771 - 6,878 \pm 0,708 \text{ mg L}^{-1}$ dengan

kecenderungan terjadi penurunan DO pada karamba dan hilir karamba.

Penurunan kadar oksigen terlarut dalam air disebabkan karena kenaikan suhu air, respirasi dan dekomposisi bahan organik. Masuknya limbah organik yang mudah terurai seperti sisa pakan yang tidak termakan dan kototran ikan ke dalam air merupakan faktor utama yang menyebabkan terjadinya penurunan kadar oksigen terlarut dengan tajam (Efendi, 2003 dan Hynes, 1960). Pengurangan kadar oksigen terlarut (*hypoxia*) akan memacu pelepasan nutrien anorganik seperti, meningkatnya reduksi sulfat, meningkatkan denitrifikasi serta meningkatnya pelepasan nutrien inorganik seperti nitrat, nitrit, ammonium, silikat, dan fosfat (Barg, 1992; Buschman *et al*, 1996; McDonald *et al.*, 1996 dan Schmittou, 1991).

Kondisi *hypoxia* dapat berlangsung dalam jangka panjang yang disebut sebagai *low dissolved oxygen syndrome* (lodos), kondisi yang menggambarkan kelarutan oksigen

rendah yang diikuti secara simultan oleh tingginya kadar karbondioksida dan penurunan pH air (Schmittou, 1991). Karena itu pengurangan kadar oksigen terlarut merupakan faktor pembatas utama yang menjadi perhatian serius dalam usaha budidaya ikan (McLean *et al.*, 1993).

Penurunan DO di lokasi karamba sebesar 1,028 mg L⁻¹ tergolong kecil karena adanya dinamika aktif dari massa air sungai yang memungkinkan terjadinya reaerasi. Luas wilayah dampak pengkayaan nutrisi tergantung pada karakteristik produksi budidaya, kedalaman badan air, topografi dasar perairan, kecepatan arus, dan angin yang akan menentukan penyebaran pengendapan partikel, input organik dan redistribusi limbah (Barg, 1992; Silvert, 1992 dan Johnsen *et al.*, 1993).

Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian (diurnal) dan musiman, tergantung pada pencampuran dan pergerakan massa air, aktifitas fotosintesis, respirasi dan limbah yang masuk ke badan air. Peningkatan suhu sebesar

1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10% (Brown, 1987). Level kritis oksigen terlarut untuk jenis carp pada 20 – 23°C adalah 3 ml L⁻¹ ekuivalen dengan tingkat kejenuhan 47 – 49%, belut (*eel*) sekitar 2 ml L⁻¹ atau ekuivalen dengan tingkat kejenuhan 29% (Chiba, 1966 dan Itazawa, 1971). Hasil pengukuran DO selama penelitian berada pada Batas ambang bawah yang ideal untuk budidaya perikanan sebesar 6,0 mg L⁻¹ (Anonymous, 2001).

9. **Karbondioksida (CO₂)**

Kadar CO₂ selama penelitian memperlihatkan variasi yang kecil, yaitu 1,100 – 3,117 mg L⁻¹ (rerata = 1,650±0,674 mg L⁻¹). Kadar CO₂ lebih rendah cenderung terukur pada bagian hulu karamba. Kadar CO₂ terlarut pada berbagai lokasi selama penelitian masih memenuhi kriteria ideal untuk pertumbuhan ikan karena terukur < 5 mg L⁻¹.

Semua badan air mengalir mengandung CO₂ terlarut, tetapi untuk mendukung populasi ikan

dengan sehat umumnya mengandung kurang dari 5 ppm (0,3%) CO₂ (Piper *et al.*, 1982). Kadar CO₂ lebih dari 20 ppm (1,0%) dapat membahayakan ikan (Ross *et al.*, 2001). Efek terpapar CO₂ jangka panjang atau berkelanjutan dapat menyebabkan hilangnya refleks dan aktivitas opercular (pada lebih dari 7,8% CO₂) (Post, 1979) dan depresi metabolisme sebesar 40 - 50% (Wals *et al.*, 1988). Konsentrasi CO₂ sebesar 50 ppm (2,6%) terjadi di beberapa perairan tercemar (Hynes, 1960). Oleh karena itu, kadar CO₂ untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup spesies ikan kebanyakan diatur ≤ 10 ppm (0,5%) (Piper *et al.*, 1982.).

H. Alokasi Ruang dan Kepadatan Karamba

Alokasi ruang badan sungai atau penataan letak dan kepadatan karamba per satuan luas didasarkan pada daya dukung perairan. Hasil perhitungan daya dukung perairan yang didasarkan pada pendekatan beban P total, N total

dan kapasitas ketersediaan oksigen terlarut menunjukkan adanya perbedaan.

Berdasarkan hasil perhitungan beban P total dapat diketahui kepadatan karamba per satuan panjang sungai (100 m) untuk karamba A (padat tebar 50 ikan m^{-2}) berkisar antara 60 – 64 buah dan karamba B (padat tebar 114 ikan m^{-2}) berkisar antara 10 – 12 buah. Tata letak karamba ukuran $L = 2,5$ m, $W = 1,75$ m dan $D = 1$ m dengan padat tebar 50 ikan m^{-2} pada dimensi panjang sungai = 100 m, lebar = 31 m dan kedalaman rata-rata = 1,70 m adalah sebagai berikut:

- 1) Jumlah karamba melintang sungai sebanyak 4 unit karamba dan setiap 2 unit karamba berjarak 1 meter
- 2) Jumlah karamba membujur sungai sebanyak 15 unit karamba dan setiap 3 unit karamba terpisahkan jarak 8 meter.
- 3) Ruang melintang badan sungai yang digunakan adalah sepertiga bagian.

Tata letak karamba B (padat tebar 114 ikan m^{-2}) berdimensi ukuran sama dengan karamba A

dengan kepadatan 10 - 12 karamba adalah sebagai berikut:

- 1) Jumlah karamba melintang sungai sebanyak 2 unit dan jarak antar unit 0,5 meter.
- 2) Jumlah karamba membujur sungai sebanyak 6 unit. Setiap 2 unit terpisahkan jarak 25 meter dengan jarak antar unit sebesar 0,5 m.
- 3) Ruang melintang badan sungai yang digunakan adalah sepersepuluh bagian.



DAFTAR PUSTAKA

- Ackefort, H and M. Enell. 1994. The release of nutrients and organic matter from aquaculture systems in Nordic countries. *Journal Applied Ichthyology*. **10** (4): 225 – 241.
- Alabaster, J.S. dan R. Lloyd. 1982. *Water Quality Criteria for Freshwater Fish*, Food and Agriculture Organization of United Nations. Butterworth, London. p. 40 – 48.
- Alearts, J.S. dan S.S. Santika. 1984. *Metode Penelitian Kualitas Air*. Usaha Nasional, Surabaya. pp. 309.
- Ambasankar, K., S.A. Ali. 2002. Effect of dietary phosphorous on growth and phosphorus excretion in Indian White Shrimp. *J. Aqua. Trop.* **7** (2): 119 – 126.
- Ambasankar, K., S.A. Ali, J.S. Dayal. 2006. Effect of dietary phosphorous on growth and its excretion in Tiger Shrimp, *Penaeus monodon*. *Asian Fisheries Scie.* **19**: 21 – 26.
- Anonymous. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengendalian Pencemaran Air dan Pengelolaan Kualitas Air*. pp. 28

- Anonymous. 2007. Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 5 Tahun 2007 tentang Peruntukan dan Baku Mutu Air Sungai. pp. 13
- Anonymous. 2009. Undang Undang Republik Indonesia Nomor 45 Tahun 2009 tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2004 tentang Perikanan.
- Apriyantono, A., D. Fardiaz, N. Puspitasari, Sedarnawati, dan S. Budiyanto. 2003. Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan. PAU Pangan dan Gizi – IPB. IPB Press. p 22 – 81.
- Asir, U. and S. Pulatsu. 2008. Estimation of the Nitrogen-Phosphorous load caused by Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cage-culture farm in Kesikkopru Dam Lake: A Comparison on pelleted and extruded feed. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* **32** (6): 417 – 422.
- Azwar, Z.I., N. Suhenda dan O. Praseno. 2004. Manajemen Pakan Pada Usaha Budi Daya Ikan Di Karamba dan Jaring Apung *dalam* Pengembangan Budi Daya Perikanan di Perairan Waduk; Suatu upaya pemecahan masalah budi daya ikan dalam karamba jaring apung. Pusat Riset Perikanan Budidaya. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta. p. 37 – 44
- Bai, S.C. 2011. Feed Utilization. Control of Dietary Phosphorus in Flounder Culture. Departement of Aquaculture/Feeds and Foods Nutrition Research Center Pukyong National University

- Pusan, Korea. *Global Aquaculture Alliance. The Advocate*. p. 51 - 52
- Balik, I., H. Cubuk, R. Ozkok, R. Uysal. 2006. Some characteristic and size of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) population in the lake Karamik (afyonkarahisar/Turkey). *Turk. J. of Fish. and Aqu. Scie.* **6**: 117-122
- Balon, E.K. 2006. The oldest domesticated fishes and consequences of an epigenetic dichotomy in fish culture. *J. Ichthyol. Aquat. Biol.* **11** (2): 47 - 86
- Bardach, J.E. 1976. Aquaculture revisite. *J. of Fisheries Research Board of Canada.* **33** (4): 880-887.
- Barg, U.C., 1992. Guidelines for the Promotion of Environmental Management of Coastal Aquaculture Development. *FAO Fisheries Technical Paper 328. FAO Rome.* pp.122.
- Beveridge, M.C.M., 1984. Cage and Pen Fish Farming. Carrying Capacity Models and Environmental Impact. *FAO Fish.Tech.Pap.*, (255). pp. 85
- Beveridge, M.C.M., 2004. *Cage Aquaculture*. Third edition. Blackwell Publishing Ltd. Australia.
http://www.google.com/books?hl=id&lr=&id=5PA7VWhPQf4C&oi=fnd&pg=PR5&dq=principles+of+cage+culture&ots=EVKPjHfU5T&sig=Li_5c r2RFWsC_jpSRY5mn2-NV2Y#v=onepage&q=principles%20of%20cage%20culture&f=false. Diunduh tanggal 28 September 2011 Pukul 10.30 Wita. pp. 368

- Boyd, C.E. 1981. *Water Quality in Warm Water Fish Ponds*. Craftmaster Printers Inc., Opelika, Alabama USA. pp. 329.
- Boyd, C.E. 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, Alabama. pp. 482.
- Boyd, C.E., L. Massaut, and L.J.Weddig, 1998. Towards Reducing Environmental Impacts of Pond Aquaculture. *INFOFISH Internasional* 2/98, p. 27 – 33.
- Boyd C.E, 1999. Management of Shrimp Pond to Reduce the Eutrophication Potential of Effluents. *The Advocate*, December 1999:12-14.
- Burhanuddin, Sulaeman dan S. Tonnek. 1994. Budidaya ikan bandeng (*Chanos chanos* Forskal) dalam karamba jaring apung volume kecil dengan padat penebaran berbeda. *J. Penelitian Budidaya Pantai*. **10** (2): 57 – 70
- Buschmann, A.H., D.A. Lopez, A. Medina. 1996. A review of the environmental effects and alternative production strategies of marine aquaculture in Chile. *Aquaculture Engineering*. **15** (6): 397 – 421.
- Charles, A. T., 2001. *Sustainable Fishery Systems*. Balckwell Sciences. London. UK. p. 122 – 130.
- Chiba, K. 1966. A study on the influence of oxygen concentration on the growth of juvenile common carp. *Bull. Freshwater fish. Res. Lab. Tokyo*. **15**: 35-47

- Chun, J.A., R.A. Cooke, M.S. Kang, M. Choi, D. Timlin and S.W. Park, 2010. Runoff Losses of Suspended Sediment, Nitrogen, and Phosphorus from a Small Watershed in Korea. Technical reports : Surface Water Quality. *J. Environ. Qual.* doi:10.2134/jeq2009.0226. Published online 15 Mar. 2010.
- Cole, G.A. 1988. Textbooks of Limnology. Third Edition. Waveland Press, Inc. Illinois, USA. pp. 401
- Cornel GE, Whoriskey FG, 1993. The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos, and sediment of Lac du Passage, Quebec. *Aquaculture*. **109**:101-117.
- Costa-Pierce, B.A., and H.Y. Hadikusumah. 1990. Research on Reservoir-based Cage Aquaculture Systems in Saguling Reservoir, West Java, Indonesia. In *Reservoir Fisheries and Aquaculture Development for Resettlement in Indonesia*, eds. B.A. Costa-Pierce, and O. Soemarwoto, ICLARM, Technical Report 23. Manila: International Centre for Living Aquatic Resources Management (ICLARM). p. 24-36.
- Costa-Pierce, B.A. 1998. Constraints to the sustainability of cage aquaculture for resettlement from hydropower dams in asia: An Indonesian case study. *Journal of Environment and Development*. **7**: 333-368.

- Dahuri R, Jacob Rais, S.P. Ginting, H.J. Sitepu, 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT. Pradnya Paramitha, Jakarta. Indonesia. pp. 138
- Davis, M.L. and D.A. Cornwell. 1991. *Introduction to Environmental Engineering*. Second Edition. McGraw Hill, Inc. New York. pp. 822.
- Dinas Perikanan Kalimantan Selatan, 2002. *Laporan Tahunan Statistik Perikanan Kalimantan Selatan Tahun 2001*. Dinas Perikanan Provinsi Kalimantan Selatan. pp. 128
- Dinas Perikanan dan Kelautan Kalimantan Selatan, 2007. *Laporan Tahunan Statistik Perikanan dan Kelautan Kalimantan Selatan Tahun 2006*. Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Kalimantan Selatan. pp. 139
- Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Banjar, 2009. *Laporan Tahunan Statistik Perikanan dan Kelautan Kabupaten Banjar Tahun 2008*. Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Kalimantan Selatan. pp. 122.
- DKP, 2002. *Modul Sosialisasi dan Orientasi Penataan Ruang Laut, Pesisir dan Pulau – Pulau kecil*. Edisi tahun 2002. Jakarta
- Dodds, W.K., 2002. *Freshwater Ecology. Concepts and Enviromental Applications*. Academic Press. An Elsevier Science Imprint. San Diego. pp. 569.

- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. pp. 257
- Elley, R.L., J.H. Carroll and D. De Woody, 1972. Effects of cage catfish culture on water quality and community metabolism of a lake. *Proc.Okla.Acad.Sci.*, **52**:10–5
- Enell, M., 1982. Changes in Sediment Dynamics Caused by Cage Culture Activities. In *Proc. of the Tenth Nordic Symposium on sediments*, Tvärminne, Finland, May 5–8, 1982, (ed) by I. Bergstromm, J. Kettunen and M. Stenmark. Finland, Onanieni. p. 72–88
- FAO. 2009. Cultured Aquatic Species Information Programme: *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) Fisheries and Aquaculture Department. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio. Diunduh pada tanggal 11 November 2011 Pukul 20.45 WIB.
- Faramarzi, M., S. Kiaalvandi, F. Iranshahi and D. Mirzabaghery, 2011. Influence of different pH levels on growth performance, survival rate dan two blood factors of common carp (*Cyprinus carpio*). *Global Veterinaria* **7** (1): 89-93.
- Foy, R and Rosell, R.H. 1991. Fractionation of phosphorous and nitrogen loading from a nothern ireland fish farm. *Aquaculture*. **96**: 31-42
- Francis-Floyd, R., C. Watson, D. Petty and D.B. Pounder. 2009. Ammonia in aquatic systems.

- Departement of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service. FA-16 IFAS University of Florida. pp. 5
- Gurung, T. B., S.K. Wagle, J.D. Bista, and R.M., Mulmi. 2008. *Reservoir and Lake Fisheries Management in Nepal*, 18. A paper presented in reservoir and Lake Fisheries management project planning meeting. Thailand: NACA-ICEIDA. 13–16 January 2008.
- Haslam, S.M. 1995. *River Pollution dan Ecological Perspective*. John Wiley and Sons. Chichester, UK. pp. 235
- Hays, T., 1980. Impact of Net Pen Culture on Water Quality and Fish Populations on Bull Shoals Reservoir. Completion Rep.Ark.Game Fish Comm., (AGFC Proj. 2–338-R-1): pp. 10
- Horowitz, A. and S. Horowitz. 2000. Microorganism and feed management in aquaculture. *The Global Aquaculture Advocate*. 3 (2): 33 – 34.
- <http://www.zonabmi.org/produk/jasa-studi-dan-kajian/kualitas-perairan/daya-dukungan-lingkungan-perairan>
- <https://id.wikipedia.org/wiki/Keramba#:~:text=Keramba%20adalah%20keranjang%20atau%20kotak,yang%20ditempatkan%20di%20badan%20sungai>.
- <https://dkpp.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/pengertian-budidaya-perikananbudidaya-perairanakuakultur-81>

- Hynes, H.B.N. 1960. *The Biology of Polluted Waters*.
Liverpool Univ. Press. UK. pp. 289
- Ineno, T., S. Tsuchida, M. Kanda and S. Watabe. 2005.
Thermal tolerance of a rainbow trout
Oncorhynchus mykiss strain selected by high-
temperature breeding. *Fisheries Science*. **71**: 767
– 775
- Itazawa, Y. 1971. An estimation of the minimum level
of dissolved oxygen in water required for normal
life of fish. *Bulletin of the Japanese Society of
Scientific*. **37** (4) : 273 – 276.
- Johnsen, R.I, O. Grahl-Nielson dan B.T Lunestad.
1993. Environmental distribution on organic
waste from marine fish farm. *Aquaculture*. **118**:
229 – 224.
- Kenchington, R.A. and B.E.T. Hudson, 1984. Coral
Reef Management Handbook. UNESCO
Regional Officer for Science and Technology in
South-East Asia. pp. 281
- Kiberia, G., D. Nugegoda, P. Lam and R. Fairclough.
1996. Aspect of Phosphorous Pollution from
Aquaculture. Naga, *The ICLARM Quarterly*. p.
20 – 24.
- Kilambi, R.V., 1976. Effects of Cage Culture Fish
Production Upon the Biotic and Abiotic
Environment of Crystal Lake, Arkansas.
Fayetteville, Arkansas, Department of Zoology,
University of Arkansas, (NOAA/NMFS PL88–
309 Proj.Z-166 R): pp.127.

- Kordi, MGH dan A.B. Tancung, 2005. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Rineka Cipta. p. 133 – 194.
- Krismono, 2004. Optimalisasi Budidaya Ikan Dalam KJA di Perairan Waduk Sesuai Daya Dukung. *di dalam Pengembangan Budi Daya Perikanan di Perairan Waduk, Suatu Upaya Pemecahan Masalah Budidaya Ikan dalam Karamba Jaring Apung*. Pusat Riset Perikanan Budidaya. Badan Riset Perikanan dan Kelautan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta. p. 75 – 81
- Kumar, D., R.K. Dey, B.K. Mishra. 1988. Improving the survival rate of common carp (*Cyprinus carpio*) fry using Malathion and Prophylactic measures. *Asian Fisheries Science*. 2 : 1 - 8.
- Laevastu T dan L.M. Hayer. 1981. *Fisheries Oceanography and Ecology*. Fishing News Books. USA. pp. 199.
- Liang, J.J., Y..J. Liu, L. X. Tian, H..J. Yang, and G.Y. Liang. 2012. Dietary available phosphorus requirement of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture Nutrition*. 18 (2): 181 – 188.
- Lin, C. Kwei, Yi, Y., Phuong, N.T., Diana, J.S. 2003. Environmental Impacts of Cage Culture for Catfish in Chau Doc, Vietnam. Aquaculture Collaborative Research Support Program. Sustainable Aquaculture for a Secure Future. http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/workplns/wp_10/10ER3.html. pp. 3

- Lowe-McConnel, R.H. 1987. *Ecological Studies in Tropical Fish Communities*. Cambridge University Press. London. pp. 382
- Machbub, B. 2010. Model daya tampung beban pencemaran air danau dan waduk. *Jurnal Sumber Daya Air*. **6** (2):129-144.
- Mackereth, F.J.H., J. Heron, J.F. Talling. 1989. *Water Analysis*. Freshwater Biological Association, Cumbria, UK. pp. 120.
- Madin, J., V.C. Chong and N.D. Hartstein. 2010. Effect of water flow velocity and fish culture on net biofouling in fish cages. *Aquaculture Research*. Wiley on line library. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2109.2010.02567.x/abstract>
- Masser, M.P. 1997. *Cage Culture. Site Selection and Water Quality*. SRAC Publication No. 161.
- McDonald, M.E., C.A. Tikkanen, R.P. Axler, C.P. Larsen, and G. Host. 1996. Fish simulation culture model (FIS-C): a Bioenergetics based model for aquaculture wasteload application. *Aquaculture engineering*. **15** (4): 243 – 259.
- McLean, W.E., Jensen J.O.T., Alderdice D.F., 1993. Oxygen consumption rates and water flow requirements of pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) in the fish culture environment. *Aquaculture*. **109**: 281 – 313.
- MacParland, J. 2008. The Nitrogen Cycle Part of the Ecosystem of a Freshwater Aquarium. http://EzineArticles.com/?expert=Jason_MacPa

- rland. Di unduh tanggal 28 September 2010. Pukul 10.25 Wita.
- Meade, J.W. 1998. *Aquaculture Management*. An Avi Book. Van Nostrand Reinhold. pp. 175.
- Moss, B. 1993. *Ecology of Freshwaters*. Second Edition. Blackwell Scientific Publications. London. pp. 415.
- Murphy, S. 2007. General Information on Phosphorous. USGS Waters quality monitoring. pp. 8
- Nandeesh, M.C., B. Gangadhara, T.J. Varghese, P. Keshavanath. 2000. Growth response and flesh quality of common carp, *Cyprinus carpio* fed with high levels of nondefatted silkworm pupae. *Asian Fisheries Science*. **13** : 235 – 242.
- Ndahawali, D.H. 2011. Dampak budidaya ikan terhadap kualitas air: Studi kasus budidaya ikan jaring apung di Danau Tondano, Minahasa, Sulawesi Utara.
<http://garuda.dikti.go.id/jurnal/detil/id/o:11826/q/daya%20dukung%20budidaya%20perikanan/offset/o/limit/15>. diakses pada tanggal 11 Agustus 2011 pukul 15.50 Wit.
- Nwanna, L.C., I.A. Adebayo and B.O. Omotoyin. 2009. Phosphorus requirement of African Catfish (*Clarias gariepinus*) based on broken-line regression analysis methods . *Science Asia*. **35**: 227 – 233.
- Nwanna, L.C., H. Kuhlwein and F.J. Schwarz. 2010. Phosphorus requirement of common carp

- (*Cyprinus carpio* L) based on growth and mineralization. *Aquaculture Research*. 41 (3): 401 – 410.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamental of Ecology*. Third Edition. W.B.Saunders. Company. Toronto. p. 204-228.
- Parker, E.V. 2000. Oxygen management at a commercial freshwater recirculating aquaculture system. Thesis. The University of New Brunswick. Canada. pp. 133
- Penczak, T., 1982. The Enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Appl. Ecol.* **19**:371–93
- Peteri, A. 2006. Inland Water Resources and Aquaculture Service (FIRI). Culture Aquatic Species Information Programme – *Cyprinus carpio*. Cultured Aquatic Species Fact Sheets. FAO – Rome. <http://w.w.w.fao.org/fi/figis>
- Phillips, M.J., R. Clarke, and A. Mowat, 1993. Phosphorous leaching from atlantic salmon diets. *Aquacultural Engineering*. **12**: 47-54
- Pillay, T.V.R and Kutty, M.N. 2005. Aquaculture: Principles and Practices. Blackwell Publishing Ltd.
<http://www.google.com/books?hl=id&lr=&id=iCDBCgtUiusC&oi=fnd&pg=PR14&dq=principles+of+cage+culture&ots=3sXfuZXJC5&sig=HcUrM6B-LUgaL8ee-kusn4Y56TE#v=principles%20of%20cage%20cu>

- lture. Diunduh pada tanggal 27 September 2011. Australia. pp. 624
- Pongpasan, D.S., Rachmansyah dan A.G. Mangawe. 2001. Pemanfaatan Bahan Baku Lokal untuk Formulasi Pakan Bandeng Yang Dipelihara dalam Karamba Jaring Apung di Laut. Balai Penelitian Perikanan Pantai, Maros. pp. 12.
- Priyadarshini, M., J.K. Manissery, B. Gangadhara, L.M. Rao, P. Keshavanath. 2011. Growth response of *Catla catla* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae) to soya and maize supplemented traditional feed mixture. *Acta Ichthyol. Piscat.* **41** (3): 159-164.
- Przybyl, A., J. Mazurkiewicz, B. Wudarczak, M. Molinska-Glura and K. Molinski. 2006. A Usability trial of erythrocyte meal in feeding juvenile of common carp, *Cyprinus carpio* L. *Acta Ichthyol. Piscat.* **36** (1): 57-63.
- Pulatsü, S. 2003. The application of a phosphorous budget model estimating the carrying capacity of Kesikköprü Dam Lake. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* **27**: 1127-1130
- Rachmansyah, T. Syarifuddin dan T. Ahmad. 2002. Pemanfaatan Perairan Pesisir bagi Pengembangan Budidaya Bandeng dalam Karamba Jaring Apung di Teluk Pegamatan, Gondol, Bali. *Pros. Konferensi Nasional III Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Indonesia*. Denpasar, 21 – 24 Mei 2002.

- Rachmansyah, F.K. Richardus, D.G. Bengen dan D. Soedharma. 2004. Pendugaan laju sedimentasi dan dispersi limbah partikel organik dari budi daya bandeng dalam karamba jarring apung di laut. *Aquacultura Indonesiana*. **5** (3): 91-101.
- Rachmansyah, Makmur, Tarunamulia, 2005. Pendugaan daya dukung perairan teluk awarange bagi pengembangan budidaya bandeng dalam karamba jaring apung. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. **11** (1) : 81 – 93
- Rahmawaty, 2006. Pengelolaan Sumberdaya Perairan Waduk Secara Optimal dan Terpadu. <http://library.usu.ac.id/download/fp/hutan-rahmawaty3.pdf>. diunduh Tanggal 14 September 2010. Pukul 11.45 Wita.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistic of Fish Population. *Bull. Fish. Res. Board Can.* p. 119-382
- Rompas, R.M. 1998. *Kimia lingkungan*. Penerbit Transito Bandung. pp. 139
- Ross, R.M., W.F. Krise, L.A. Redell, R.M. Bennett. 2011. Effect of dissolved carbon dioxide on the physiology and behavior of fis in artificial streams. *Environ. Toxicol.* **16**: 84 – 95.
- Ryding, S-O., and Rast, W. 1989. *The Control of Eutrophication of Lake and Reservoirs*. UNESCO Parthenon. Paris. pp. 312
- Said, D.S. dan N. Mayasari. 2010. Pertumbuhan dan pola reproduksi ikan bada *Rasbora argyrotaenia*

- pada ratio kelamin yang berbeda. *Limnotek*. **17** (2): 201 – 209
- Schmittou, H.R., 1991. Guidelines for Raising Principally Omnivorous Carps, Catfishes and Tilapias in Cages Suspended in Freshwater Ponds, Lakes and Reservoirs. In: Proceedings of the People's Republic of China Aquaculture and Feed Workshop. D. Akiyama, Editor. American Soybean Association, Singapore. p. 24 - 42.
- Schmittou, H.R., Cremer, M.C., and Zhang, J. 2004. Principles and Practices of High Density Fish Culture in Low Volume Cages. *American Soybean Association*.
<http://www.soyaqua.org/asaimusbtech/lvhdcage manual/prefacetoc.pdf>. Diakses pada tanggal 8 September 2011.
- Seyhan, E. 1993. *Dasar-Dasar Hidrologi* (Indonesian edition). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. p. 209 – 211.
- Shpigel M, Neori A, Popper D.M, Gordin H. 1993. A proposed model for “environmental clean” land-based culture of fish, bivalves and seaweed. *Aquaculture*. **117**: 115 – 128.
- Silvert, W., 1992. Assessing environmental impacts of finfish aquaculture in marine water. *Aquaculture*. **107**: 67-79.
- Silvert, W. and J.W. Sowles, 1996. Modelling environmental impacts of finfish aquaculture in marine water. *J.Appl. Ichthyology*. **12**: 75-81

- Singh, P.K, S.R. Gaur, S.P. Tiwari. 2006. Growth response, survival, feed conversion and protein utilization in fingerlings of rohu, *Labeo rohita* (Hamilton) to diet of different protein levels. *J. Fish. Aquat. Sci.* **1** (1): 97 -101.
- Sugunan, V.V. 1995. Reservoir fisheries of India. FAO *Fisheries technical paper*. p. 345 - 423
- Supriharyono, 2002. *Pengelolaan Sumberdaya Pesisir di Daerah Tropis*. PT. Gramedia Jakarta. pp. 225.
- Supriyatna, A. 2007. Pengamatan pertumbuhan larva ikan kue, Golden Trevally (*Gnathanodon speciosus*, Forskal) dengan pemberian pakan alami dan pakan buatan *Bul. Tek. Lit. akuakultur.* **6** (2): 81 - 83
- Swann, LD; Morris, J.E. and Selock, D. 1994. Cage Culture of Fish in the North Central Region. Technical Bulletin Series #110. United States Departement of Agriculture Grant #89-38500-4319. pp. 13.
- Tchobanoglous, G. 1979. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*. Second Edition. Metcalf and Eddy, Inc. McGraw-Hill Book Company. p. 836-843.
- Thurston, R.V., R.C. Russo, and K. Emerson. 1979. Aqueous Ammonia Equilibrium – Tabulation of Percent Un-Ionized Ammonia. Environmental Research Laboratory US-EPA. EPA-600/3-79-091. Minnesota. pp. 428.

- Troell M, 1996. Intensif Fish Cage Farming-impacts, Resources Demands and Increase Sustainability Through Integration. Cambridge scie. abstracts. Aquaculture impacts on the environment. <http://www.csal.co.uk/hottopics/aquacult/biblio45.html>. Diunduh tanggal 27 Agustus 2010.
- Tuan, N.N. 2010. Development of Supplemental Diets for Carp in Vietnamese Upland Ponds Based on Locally Available Resouces. Dissertation. Department of Aquaculture Systems and Animal Nutrition Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics Universität Hohenheim. pp. 214
- Turner, G.E., 1988. Codes of Practice and Manual of Procedures for Consideration on Introductions and Transfer of Marine and Freshwater Organisms. EIFAC/CECPI, *Occasional Paper No. 23*. pp. 44.
- Vandeputte, M., O. Linhart, H. Komen, G. Hulata. 2008. Review on breeding and reproduction of european aquaculture species. Common carp (*Cyrinus carpio* L.). Aqua Breeding. pp. 12
- Wahyuni, S.L., 2009. Status Mutu Air Sungai Riam Kanan. Studi Kasus Perairan Sungai Desa Awang Bangkal Barat. Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Pascasarjana Unlam. pp. 126
- Wallin, M. dan Hakanson, L. 1991. Nutrient Loading Models for Estimating the Environmental Effects

- of Marine Fish Farm. *Marine Aquaculture and Environment*. p. 39-55.
- Wardoyo, S.T.H. 1982. *Panduan Pengkajian Kualitas Air Program Pascasarjana IPB*. Bogor. pp 36.
- Wetzel, R.G. 1975. *Limnology*. W.B. Saunders Co. Phyladelphia. Pennsylvania. pp. 743.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS



Mijani Rahman lahir di Banjarmasin, Kalimantan Selatan 27 Agustus 1963. Gelar kesarjanaan (Ir) diperoleh dari Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat pada tahun 1986. Tahun 1996 penulis menyelesaikan Program Magister di Universitas Gadjah Mada Program Studi Ilmu Lingkungan.

Gelar Doktor (Dr) diperoleh dari Program studi Ilmu Pertanian Fak Pertanian Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2012. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru Kalimantan Selatan sejak Tahun 1988. Tahun 1998 - 2008 penulis menjabat sebagai Kepala Laboratorium Kualitas Air di Fakultas Perikanan. Tahun 2008-2009 penulis menjabat sebagai Ketua Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Tahun 2013 sampai 2017 penulis menjabat Ketua Prodi Manajemen Sumberdaya Perairan. Tahun 2019 sampai sekarang penulis diangkat sebagai Kepala Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) Universitas Lambung Mangkurat.

Selain sebagai Dosen Tetap di Fakultas Perikanan penulis juga sebagai dosen di Program Magister PSDAL (S2) dan Program Doktor (S3) Ilmu Pertanian Universitas Lambung Mangkurat dan aktif di bidang lingkungan hidup. Sejak tahun 2013 sampai sekarang penulis menjadi reviewer pada *Jurnal of Tropical Fisheries*.



Herliwati lahir di Amuntai, Kalimantan Selatan, 29 September 1964. Gelar kesarjanaan (Ir) diperoleh dari jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat pada tahun 1989. Tahun 1996 penulis menyelesaikan program Magister di Universitas Gadjah Mada Jurusan Biologi Progran Studi Ekologi Hewan. Gelar Doktor (Dr) diperoleh dari Program studi Ilmu Pertanian Fak Pertanian Universitas Brawijaya, Malang pada tahun 2012.

Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap Pada Jurusan/Prodi Budidaya Perairan (BP), Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru Kalimantan Selatan. Sejak tahun 2000 sampai 2012 penulis menjabat sebagai ketua Laboratorium Biologi Perairan di Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat. Tahun 2013 sampai 2017 penulis menjabat sebagai Ketua Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan

Universitas Lambung Mangkurat. Mulai tahun 2016 sampai sekarang sebagai kordinator Pengabdian pada masyarakat di Pusat penelitian Lingkungan Hidup (PPLH).

Selain sebagai Dosen Tetap di Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Lambung Mangkurat, penulis juga sebagai dosen di Program Magister Ilmu Perikanan (S2) dan aktif di bidang lingkungan hidup. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen Fakultas Perikanan Jurusan Budidaya Perairan (BP), Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru Kalimantan Selatan. Sejak tahun 2000 sampai 2012 penulis menjabat sebagai ketua laboratorium Biologi Perairan di Fakultas Perikanan. Tahun 2013 sampai 2017. Penulis menjabat sebagai Ketua Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat. Mulai tahun 2016 sampai sekarang sebagai kordinator Pengabdian pada masyarakat di Pusat penelitian Lingkungan Hidup (PPLH).

Halaman ini sengaja dikosongkan