
**DAMPAK BUDIDAYA IKAN NILA DENGAN SISTEM DAN
TEKNOLOGI KERAMBA JARING APUNG TERHADAP
KUALITAS PERAIRAN DANAU TOBA**

***IMPACT OF TILAPIA FISH FARMING WITH FLOSTING NET CAGE
SYSTEM AND TECHNOLOGY ON THE QUALITY OF
LAKE TOBA WATERS***

Pohan Panjaitan^{1*}, Helentina Mariance Manullang²

¹*Program Studi Produksi Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas HKBP Nommensen*

²*Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan, Universitas Dharmawangsa*

ABSTRAK: Tulisan ini merupakan hasil kajian yang bertujuan untuk mengevaluasi dampak budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi Keramba Jaring Apung (KJA) terhadap kualitas perairan Danau Toba. Saat ini kualitas lingkungan (fisika, kimia dan biologi) perairan Danau Toba telah mengalami penurunan akibat aktivitas manusia khususnya industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA. Sehingga air Danau Toba tidak bisa menjadi bahan air minum bagi masyarakat. Penelitian dilaksanakan di Medan dan di kawasan industri budidaya ikan di perairan Danau Toba sejak Maret-April 2022. Didapat data primer berupa analisis di laboratorium tentang kadar nitrogen, fosfor dan air dari tubuh lima ekor ikan yang diambil secara acak dari unit KJA dan dari 0,5 kg pakan ikan yang digunakan dalam industri budidaya ikan nila di perairan Danau Toba dengan sistem dan teknologi KJA. Sedangkan data sekunder berupa data proses produksi industri budidaya ikan nila dari perusahaan industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi budidaya KJA di perairan Danau Toba. Data lapangan yang diperoleh bahwa jumlah total penggunaan pakan ikan di industri budidaya ikan nila sebanyak 200 ton per hari dan rasio konversi pakan sebesar 1,8. Data penelitian dianalisis dan diinterpretasikan dengan data karakteristik fisik ekosistem perairan Danau Toba. Persentase nitrogen pakan ikan dan fosfor pakan ikan nila berturut-turut sebesar 5,23% dan 1,48%. Sedangkan persentase nitrogen tubuh ikan dan persentase fosfor tubuh ikan berturut-turut sebesar 2,61 dan 1,39. Berdasarkan jumlah pakan yang digunakan setiap hari dan tidak adanya pengolahan limbah, maka industri budidaya ikan nila di perairan Danau Toba belum tergolong industri budidaya ikan berkelanjutan karena tidak ramah lingkungan bahkan sudah berpotensi menyebabkan penurunan kualitas air perairan Danau Toba.

Kata kunci: Budidaya ikan nila, keramba jaring apung, kualitas perairan, persentase nitrogen, fosfor tubuh ikan

ABSTRACT : *This paper is the result of a study that aims to evaluate the impact of tilapia cultivation with the Floating Net Cage (FNC) system and technology on the quality of the waters of Lake Toba. Currently, the environmental quality (physics, chemistry and biology) of the waters of Lake Toba has decreased due to various human activities, especially the tilapia aquaculture industry with FNC systems and technology. Thus, Lake Toba water cannot be used as drinking water for the community. The research was carried out in Medan and in the fish farming industrial waters of Lake Toba for two months, March-April 2022. Primary data in the form of analysis in the laboratory on the levels of nitrogen, phosphorus and water from the bodies of five fish taken at random from the FNC unit and as well as from 0.5 kg of fish feed used in the tilapia farming industry in the waters of Lake Toba with FNC systems and technology. Secondary data in the form of data on the production process of the fish farming industry using FNC in the waters of Lake Toba. Field data obtained that the total use of fish feed in the tilapia is 200 tons per day with the feed conversion ratio is 1.8.*

Futhermore, the research data were analyzed and interpreted using data on the physical characteristics of the Lake Tob ecosystem. The percentage of nitrogen in fish feed and phosphorus in tilapia feed were 5.23% and 1.48%, respectively. While the percentage of fish body nitrogen and fish body phosphorus percentage were 2.61 and 1.39, respectively.

Based on the amount of feed used every day and the absence of waste treatment, the tilapia farming industry in the waters of Lake Toba is not yet classified as a sustainable fish farming industry because it is not environmentally friendly and even has the potential to cause a decrease in Lake Toba water quality.

Keywords: *Tilapia cultivation, Floating net cages, Water quality, Percentage of nitrogen, phosphorus of fish body.*

*corresponding author

Email : Drpohanpanjaitan@gmail.com

Recommended APA Citation:

Panjaitan, P. Manullang. HM. (2022). Dampak Budidaya Ikan Nila dengan Sistem dan Teknologi Keramba Jaring Apung terhadap Kualitas Perairan Danau Toba. *J.Aquac.Indones*, 1(2): 111-119. <http://dx.doi.org/10.46576/jai.v1i2.2029>

PENDAHULUAN

Parameter fisika dan kimia perairan mempengaruhi pertumbuhan ikan nila yang dibudidayakan dengan sistem dan teknologi Keramba Jaring Apung (KJA). Ramelan (1998) mengemukakan bahwa kecepatan arus yang sesuai untuk budidaya ikan di KJA berkisar 20 sampai 40 cm per detik. Kisaran arus tersebut dapat ditemukan di perairan Danau Toba. Selanjutnya oksigen terlarut dalam perairan juga menentukan pertumbuhan dan perkembangan ikan dalam KJA. Peneliti Landau (1995) mengemukakan bahwa oksigen terlarut diperlukan oleh semua organisme hidup untuk proses respirasi. Dapat dikatakan bahwa konsentrasi oksigen terlarut dalam perairan Danau Toba masih tergolong sesuai untuk kebutuhan ikan nila pada KJA.

Salah satu aktivitas yang dapat menurunkan kualitas perairan Danau Toba adalah industri budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA yang menggunakan pakan sebanyak lebih dari 200 ton setiap hari tanpa ada upaya pengelolaan lingkungan dan upaya pemantauan lingkungan. Dengan demikian para pemangku amanah ekosistem kawasan Danau Toba selalu mempertanyakan apakah aktivitas industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA telah menurunkan kualitas ekosistem perairan Danau Toba atau belum. Raharjo (2008) menyatakan bahwa kondisi teknis seperti parameter fisik, kimia dan biologi serta kondisi non teknis seperti pangsa pasar, keamanan dan sumber daya manusia adalah aspek yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan atau penentuan lokasi budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA.

Di sisi lain bahwa ikan nila hasil budidaya dari perairan Danau Toba dengan sistem dan teknologi KJA merupakan ikan nila terbaik di dunia. Sehingga ikan nila dapat menjadi produk unggulan ekspor bagi provinsi Sumatera Utara. Walaupun

demikian sangat perlu juga diketahui dampak negatif budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA terhadap kelestarian perairan Danau Toba. Pakan budidaya ikan telah menemukan bahwa sebagian besar (sekitar 80 % nitrogen dan fosfor yang diberikan kepada ikan) terbuang dalam bentuk feses dan urine ikan.

Dari penjelasan tersebut di atas maka tulisan ini bertujuan untuk memaparkan hasil kajian ilmiah tentang dampak industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA terhadap kualitas perairan Danau Toba.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Medan dan di kawasan industri budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA di perairan Danau Toba selama dua bulan, yaitu Maret-April 2022.

Kajian Beban Pencemaran Nitrogen dan Fosfor

Penentuan produksi limbah nitrogen dan fosfor menggunakan metode pendekatan keseimbangan massa dengan mengukur parameter kunci antara lain : (1) persentase nitrogen dan fosfor pakan yang digunakan; (2) persentase nitrogen dan fosfor pada tubuh ikan; (3) kadar air tubuh ikan; (4) jumlah makanan yang diberikan setiap hari; (5) konversi pakan ikan yang digunakan; (6) jumlah pakan yang tidak dikonsumsi ikan. Selanjutnya jumlah nitrogen dan fosfor menggambarkan besarnya potensi pencemaran industri budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA terhadap perairan Danau Toba. Potensi pencemaran tersebut dapat ditentukan dengan cara memadukan data primer dengan data sekunder.

Data primer berupa analisis di laboratorium tentang presentase nitrogen, fosfor dan air dalam tubuh ikan yang dipanen serta pakan yang dipergunakan selama pemeliharaan. Data sekunder berupa data-data proses produksi industri budidaya ikan nila yang diperoleh dari perusahaan industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi budidaya KJA di perairan Danau Toba.

Analisis Data

Data hasil kajian potensi pencemaran industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA terhadap kualitas air Danau Toba dianalisis dan interpretasi dengan menggunakan data karakteristik fisika ekosistem perairan Danau Toba.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil analisis laboratorium berupa persentase nitrogen dan persentase fosfor dalam pakan ikan serta persentase nitrogen dan persentase fosfor dalam tubuh ikan yang terlihat dalam Tabel 1. Selanjutnya Tabel 2 memperlihatkan data yang diperoleh dari lapangan berupa jumlah pakan yang digunakan setiap hari,

konversi ratio pakan yang digunakan dan pengelolaan lingkungan di kawasan industri budidaya ikan nila dengan sistim dan teknologi KJA di perairan Danau Toba.

Persentase nitrogen dan persentase fosfor pakan ikan nila berturut-turut sebesar 5,23 % dan 1,48 %. Sedangkan persentase nitrogen ikan dan persentase fosfor tubuh ikan berturut-turut sebesar 2,61 dan 1,39.

Tabel 1. Data hasil analisis laboratorim persentase nitrogen dan fosfor dalam pakan dan dalam tubuh ikan pada industri budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA di perairan danau toba.

Komponen pakan dan tubuh ikan	Persentase (%)
Persentase nitrogen pakan	5,23
Persentase fosfor pakan	1,48
Persentase nitrogen tubuh ikan	2,61
Persentasipe fosfor tubuh ikan	1,39

Tabel 2. Data lapangan industri budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA di perairan Danau Toba

Bentuk aktivitas keramba jaring apung (KJA)	Jumlah pakan dan pengelolaan lingkungan
Jumlah pakan digunakan setiap hari	200 ton per hari
Konversi rasio pakan	FCR = 1.8
Usaha pengelolaan lingkungan	Belum ada IMPAL dan MPAL*

*) IPAL adalah Instalasi Pengolahan Air Limbah dan MPAL adalah Minimasi Pemisah Air Limbah)

Produksi Nitrogen dan Posfor

Data lapangan menunjukkan bahwa jumlah pakan ikan nila yang digunakan setiap hari di kawasan indudtri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA sebanyak 200 ton. Kandungan nitrogen dan fosfor pakan masing-masing berurut-turut sebesar 5,23 % dan 1,48 %. Lebih lanjut persentase nitrogen dan persentase fosfor dalam tubuh ikan berturut-turut sebesar 2,61 dan 1,39. Jika dibandingkan persentase nitrogen dalam tubuh ikan dengan persentase nitrogen dalam pakan ikan menggambarkan bahwa 51,24 % nitrogen pakan sebagai limbah atau hanya 48,76 % nitrogen pakan dalam tubuh ikan. Hasil kajian ini menunjukkan jika dilihat dari persentase nitrogen yang terbuang sebagai limbah di perairan Danau Toba maka industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA sudah menurunkan kualitas perairan Danau Toba. Apalagi pemakaian pakan setiap hari di kawasan Danau Toba sebanyak 200 ton setiap hari. Hasil kajian ini didukung oleh hasil penelitian sebelumnya (Beveridge, 2006) yang menemukan bahwa 70 % nitrogen yang dikonsumsi oleh ikan akan terbuang ke perairan (pakan yang digunakan dengan koversi ratio pakan sebesar 1,6).

Dari Tebel 1 juga dapat dilihat persentase fosfor pakan ikan dan peresentase fosfor tubuh ikan masing-masing berurutan sebesar 1,48 % dan 1,39 %. Data ini

menggambarkan bahwa persentase fosfor yang terbuang sebagai limbah adalah sebesar 0,09 % atau 6,16 % dari pakan sebagai limbah. Persentase fosfor pakan sebagai limbah lebih kecil dibandingkan persentase fosfor pakan yang terbuang sebagai limbah, yaitu 0,09 % fosfor pakan terbuang sebagai limbah jauh lebih kecil dari nitrogen pakan (51,24 %) terbuang sebagai limbah.

Walaupun persentase fosfor pakan jauh lebih kecil dibandingkan dengan persentase nitrogen terbuang sebagai limbah tetapi harus diingat bahwa mobilitas fosfor lebih rendah dibandingkan dengan mobilitas nitrogen dalam perairan. Sebagai contoh fosfor pakan masuk ke dalam perairan melalui urine dan feses. Urine dan feses ikan diuraikan oleh mikroorganisme pengurai. Hasil penguraian langsung ada yang mengendap dan larut dalam perairan. Fosfor yang larut dalam air ini yang dapat meningkatkan kesuburan perairan. Faktor utama penyebab meningkatnya kesuburan perairan adalah dengan adanya peningkatan fosfor. Sebagai contoh perairan Danau Toba dulunya digolongkan danau oligorofik atau danau yang tidak subur atau miskin unsur hara terutama fosfor. Sekarang ini perairan Danau Toba sudah digolongkan danau mesotrofik bahkan mengarah danau eutrofik atau danau subur. Hal ini dapat terjadi akibat sudah terjadi peningkatan unsur hara fosfor di perairan Danau Toba.

Peningkatan kesuburan perairan Danau Toba berasal dari aliran sungai yang kaya unsur hara bermuara di perairan Danau Toba. Saat sekarang ini kesuburan perairan Danau Toba semakin meningkat dengan berkembangnya industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA. Seluruh industri budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA menggunakan total pakan ikan lebih 200ton setiap hari. Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa persentase fosfor pakan ikan yang diimplementasikan sebesar 5,23 % dan persentase fosfor pada tubuh ikan sebesar 1,39 %. Dengan kata lain persentase fosfor pakan ikan yang diberikan akan menghasilkan limbah fosfor sebanyak 0,09 %. Jika jumlah pakan ikan yang digunakan industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA sebanyak 200ton setiap hari maka limbah fosfor pakan setiap hari dihasilkan di perairan Danau Toba sebanyak 180 kg. Sudah dapat dipastikan di perairan Danau Toba terjadi akumulasi fosfor setiap hari walaupun ada fosfor dimanfaatkan fitoplankton untuk aktivitas fotosintesis tetapi jumlahnya tidak banyak.

Limbah organik industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA yang berupa bahan organik; yang biasanya tersusun oleh karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, fosfor, sulfur dan mineral lainnya (Polprasert, 1989). Limbah organik tersebut dalam bentuk padatan yang terendap, koloid, tersuspensi dan terlarut. Dengan demikian keberadaan industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA dan menggunakan pakan 200 ton per hari telah mempunyai potensi yang besar untuk menurunkan kualitas air seperti di jelaskan lebih mendetail di bawah ini.

Sisa pakan dan feses dan urine ikan di industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA yang mengandung bahan organik dapat berupa padatan

tersuspensi, terkoloid dan terlarut yang sangat berpengaruh terhadap kecerahan dan kekeruhan yang selanjutnya berkaitan erat dengan proses fotosintesis dan respirasi organisme perairan. Tingginya padatan tersuspensi, dapat merusak sistem pernapasan ikan dan larva ikan yang hidup di perairan Danau Toba misalnya ikan batak sebagai spesies endemik perairan Danau Toba.

Sisa pakan dan hasil metabolisme ikan di industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA sebagai limbah di badan air Danau Toba jika tidak dimanfaatkan oleh fauna perairan lain, seperti ikan, kepiting, bentos dan lainnya; maka akan segera dimanfaatkan oleh mikroba; baik mikroba aerobik (mikroba yang hidupnya memerlukan oksigen); mikroba takaerobik (mikroba yang hidupnya tidak memerlukan oksigen) dan mikroba fakultatif (mikroba yang dapat hidup pada perairan aerobik dan takaerobik). Semakin banyak limbah organik di perairan Danau Toba dan berada pada lapisan aerobik yang dapat berdampak peningkatan kebutuhan oksigen oleh mikroba pengurai. Jika kebutuhan oksigen oleh mikroba pengurai melebihi konsentrasi oksigen terlarut dalam perairan Danau Toba maka oksigen terlarut bisa menjadi nol dan mikroba aerob pun hilang digantikan oleh mikroba tak aerob dan fakultatif.

Walaupun hasil pengukuran oksigen terlarut cukup tinggi di perairan Danau Toba di lokasi penelitian tetapi industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA sudah berpotensi untuk menurunkan kadar oksigen di perairan Danau Toba mengingat jumlah pakan yang besar (200 ton per hari) digunakan dalam kegiatan industri budidaya ikan nila di perairan Danau Toba. Hal ini diperparah oleh belum adanya informasi ilmiah hasil penelitian mengenai pola arus perairan Danau Toba. Walaupun level parameter fisik-kimia-biologi perairan masih pada batas toleransi tetapi fosfor yang dihasilkan oleh industri budidaya ikan sebesar 6,16 % setiap penggunaan fosfor pakan di industry budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA sudah mempunyai potensi yang besar untuk menurunkan kualitas perairan Danau Toba. Pernyataan ini didukung oleh hasil penelitian sebelumnya menemukan bahwa resident time air Danau Toba selama 77 tahun (Lehmusluoto dan Machbub, 1995). Artinya limbah fosfor pakan ikan sebesar 180 kg per hari yang dihasilkan oleh industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA akan keluar dari Danau Toba setelah 77 tahun.

Besarnya limbah fosfor pakan ini diperparah oleh belum adanya unit pengelolaan limbah di industri budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA di perairan Danau Toba. Dengan demikian jika usaha pengelolaan lingkungan tidak dilakukan maka peningkatan konsentrasi fosfor oleh KJA akan terjadi setiap hari dan akhirnya kualitas ekosistem perairan Danau Toba menurun setiap hari.

Sangat disayangkan bahwa jika peningkatan nutrisi terus berlanjut maka dampak positif seperti itu hanya bersifat sementara bahkan akan terjadi proses yang berdampak negatif bagi kualitas perairan Danau Toba. Peningkatan konsentrasi nutrisi yang berkelanjutan dalam badan air, apalagi dalam jumlah yang cukup besar akan menyebabkan badan air menjadi sangat subur atau eutrofik (Henderson,

1987). Proses peningkatan kesuburan air yang berlebihan yang disebabkan oleh masuknya nutrisi dalam badan air, terutama fosfat inilah yang disebut eutrofikasi. Peningkatan kesuburan perairan Danau Toba telah terjadi yang salah satu penyebabnya adalah limbah kegiatan industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA.

Sesungguhnya eutrofikasi adalah sebuah proses alamiah yang terjadi dengan perlahan-lahan dan memakan waktu berabad-abad bahkan ribuan tahun; di mana badan air yang relatif tergenang seperti danau dan pantai tertutup mengalami perubahan produktivitas secara bertahap. Namun demikian, sejalan dengan besarnya limbah nitrogen dan fosfor dari industri budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA, fenomena ini telah dipercepat menjadi dalam hitungan beberapa dekade seperti yang umum terjadi pada berbagai danau dan pantai (Goldman dan Horne, 1983); bahkan beberapa tahun saja seperti eutrofikasi yang terjadi pada perairan waduk Citarum (Garno, 2002) dan beberapa minggu seperti eutrofikasi yang terjadi pada perairan tambak (Garno, 2004). Fenomena tersebut menunjukkan bahwa eutrofikasi memang telah menjadi masalah perairan umum di seluruh dunia. Eutrofikasi juga dapat merangsang pertumbuhan tanaman air lainnya, baik yang hidup di tepian berupa eceng gondok maupun dalam badan air berupa hydrilla. Sekarang hal ini sudah terjadi di perairan Danau Toba.

Akhirnya, yang harus dimengerti dan disadari adalah bahwa karena Indonesia merupakan negara tropis yang mendapatkan cahaya matahari sepanjang tahun; maka blooming (dalam arti biomassa alga tinggi) dapat terjadi sepanjang tahun. Intensitas cahaya yang tinggi itulah yang menyebabkan badan-badan air (waduk, danau dan pantai) di Indonesia termasuk di Danau Toba yang telah menjadi hijau warnanya tidak pernah atau jarang sekali menjadi jernih kembali; tidak seperti di negara empat musim seperti Kanada dan Jepang yang blooming hanya terjadi di akhir musim semi dan panas.

Strategi Mitigasi Dampak Industri Budidaya Ikan dengan Sistem dan Teknologi KJA

Mengingat besarnya jumlah pakan ikan yang digunakan di industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA di perairan Danau Toba yang menghasilkan limbah nitrogen dan fosfor maka setiap pemilik industri budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA di Danau Toba harus menyisihkan sebagian keuntungannya untuk pengolahan limbah agar kegiatan budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA berkelanjutan (*sustainable aquaculture*).

Selanjutnya perlu diinformasikan bahwa nilai manfaat dari ekosistem Danau Toba dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu: (1) nilai jasa lingkungan; (2) nilai ekonomi. Nilai jasa lingkungan dapat dimanfaatkan apabila komponen ekosistem dipandang sebagai satu kesatuan, dimana ada saling ketergantungan antara komponen didalamnya. Sebagai contoh, keanekaragaman ekosistem menyediakan tempat bagi kelangsungan rantai makanan serta ruang bagi spesies. Ekosistem yang

berfungsi dengan baik harus dapat menyediakan dan menghasilkan berbagai jasa lingkungan lain yang juga bermanfaat bagi spesies yang hidup didalamnya. Nilai ekonomi merupakan nilai total kawasan tersebut bagi perekonomian yang jauh melampaui nilai produktif dari jenis pemanfaatan lain. Dengan demikian pemilik industri budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA di kawasan Danau Toba juga seharusnya menyalurkan keuntungannya untuk biaya jaminan lingkungan seperti yang diimplementasikan di negara maju.

Ikan nila produksi industri budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA dari perairan Danau Toba merupakan ikan nila terbaik di dunia sehingga ikan nila tersebut dapat dijadikan sebagai produk unggulan ekspor daerah Sumatera Utara. Dengan demikian seharusnya seluruh pemerintah daerah yang terkait dengan kegiatan budidaya ikan nila di kawasan perairan Danau Toba semestinya berusaha agar terciptanya industri ikan nila berkelanjutan dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan besarnya pakan ikan (200 ton) setiap hari yang digunakan dan belum adanya pengolahan limbahnya maka industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA belum tergolong kegiatan budidaya berkelanjutan di perairan Danau Toba. Bahkan industri tersebut sudah berpotensi sebagai penyebab penurunan kualitas air perairan Danau Toba. Agar industri budidaya ikan nila dengan sistem dan teknologi KJA di kawasan perairan Danau Toba tidak menurunkan kualitas air perairan Danau Toba maka sebaiknya setiap unit budidaya ikan dengan sistem dan teknologi KJA harus memiliki fasilitas untuk upaya mitigasi pencemaran misalnya dengan memelihara tanaman hidroponik di sekitar unit KJA. Artinya taman hidroponik dapat memanfaatkan unsur hara yang dihasilkan industri budidaya dengan sistem dan teknologi KJA sehingga kesuburan danau tidak meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Beveridge, M.C.M.. 2004. Biomanipulasi, paradigma baru dalam pengendalian limbah
limbah
- Beveridge, M.C.M.2006. Environmental impacts and environmental capacity. Cage
Aquaculture. Second Edition. Fishing News Book. Pages 153 –186.
- Garno, Y.S. 2004. Biomanipulasi, paradigma baru dalam pengendalian limbah
- Garno, Y.S. 2002. Beban pencemaran limbah perikanan budidaya dan eutrofikasi
di perairan waduk pada DAS Citarum. J. Tek. Ling. P3TL-BBPT 3 : 112-120.
- Landau, M. 1995. Introduction to Aquaculture. John Willey & Sons, Inc. New
York. Pgs 440.
- Lehmusluoto, P., and Machbub, B. 1995. National inventory of the major lakes and
reservoirs in Indonesia. General Limnology. Expedition Indodanau Technical
Report.
- Lokasi Budidaya Rumput Laut. Departemen Kelautan dan Perikanan Direktorat
Jenderal Perikanan Budidaya, Balai Budidaya Air Payau. Takalar. Sulawesi
Selatan.

Ramelan, H.S. 1998. Pengembangan budidaya ikan Laut di Indonesia. *dalam* :
Kumpulan Makalah Seminar Teknologi Perikanan Pantai. Denpasar 6-7
Agustus, 1998. Balitbang Departemen Petanian dan JICA. 1-37.