

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Akuaponik

Akuaponik adalah suatu kombinasi sistem akuakultur dan budidaya tanaman hidroponik. Pada sistem ini, ikan dan tanaman tumbuh dalam satu sistem yang terintegrasi, dan menciptakan suatu simbiotik antara keduanya (Rakocy *et al.*, 2006). Prinsip dari akuaponik yaitu memanfaatkan secara terus menerus air dari pemeliharaan ikan ke tanaman dan sebaliknya dari tanaman ke kolam ikan. Inti dasar dari sistem teknologi ini adalah penyediaan air yang optimum untuk masing-masing komoditas dengan memanfaatkan sistem resirkulasi (Akbar, 2003). Sistem teknologi akuaponik ini muncul sebagai jawaban atas adanya permasalahan semakin sulitnya mendapatkan sumber air yang sesuai untuk budidaya ikan, khususnya di lahan yang sempit, akuaponik yang merupakan salah satu teknologi hemat lahan dan air yang dapat dikombinasikan dengan berbagai tanaman sayuran (Widyastuti, 2008).

Sistem akuaponik digunakan sejak tahun 1990-an, merupakan teknik budidaya yang relatif baru dan unik dalam industri perikanan. Sistem ini menggunakan teknik akuakultur dengan kepadatan tinggi di dalam ruang tertutup, serta kondisi lingkungan yang terkontrol sehingga mampu meningkatkan produksi ikan pada

lahan dan air yang terbatas, meningkatkan produksi ikan sepanjang tahun, fleksibilitas lokasi produksi, pengontrolan penyakit dan tidak tergantung pada musim (Tetzlaff and Heidinger, 1990). Penggunaan sistem akuaponik pada akuakultur, dapat memberikan keuntungan yaitu memelihara lingkungan kultur yang baik pada saat pemberian pakan untuk pertumbuhan ikan secara optimal. Kelebihan sistem akuaponik dalam mengendalikan, memelihara dan mempertahankan kualitas air menandakan bahwa sistem akuaponik memiliki hubungan yang erat dengan proses perbaikan kualitas air dalam pengolahan air limbah, terutama dari aspek biologisnya (Akbar, 2003). Disamping itu teknologi akuaponik juga mempunyai keuntungan lainnya berupa pemasukan tambahan dari hasil tanaman yang akan memperbesar keuntungan para pembudidaya ikan.

Akuaponik dapat didefinisikan sebagai teknik pertanian untuk menghasilkan pangan yang berkelanjutan melalui hubungan simbiosis antara ikan dan budidaya tanaman dalam air (Diver, 2006). Hal ini menggabungkan dua aspek pertanian terpisah yaitu, akuakultur dan hidroponik ke dalam sistem tunggal. Dalam sistem akuaponik, ikan memberikan nutrisi dalam bentuk limbah atau kotoran. Limbah budidaya tersebut mengandung karbon dan nutrisi lainnya yang dibutuhkan oleh tumbuhan dalam pertumbuhannya. Tanaman memanfaatkan karbon untuk melakukan proses fotosintesis. Pemilihan komoditas memegang peranan penting dalam merencanakan dan mendapatkan hasil sesuai dengan apa yang diinginkan. Menurut Pramono (2009) jenis ikan air tawar yang dapat dibudidayakan pada sistem akuaponik antara lain ikan nila atau ikan tilapia, ikan mas, ikan koi, ikan lele, dan udang galah. Namun, pada penelitian ini menggunakan ikan lele karena

ikan lele merupakan jenis ikan yang memiliki laju metabolisme yang cukup tinggi sehingga dapat digunakan sebagai sumber C,N,P dan umum digunakan dalam sistem akuaponik (Rakocy *et al.*, 2006). Salah satu strain ikan lele yang berpotensi untuk dikembangkan adalah ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*), karena memiliki tingkat pertumbuhan dan daya tahan terhadap lingkungan yang baik (Viveen *et al.*, 1977).

Sistem akuaponik dalam prosesnya secara ringkas dapat dijelaskan sebagai berikut, air yang berasal dari wadah pemeliharaan ikan dialirkan dengan menggunakan pompa air ke tempat wadah pemeliharaan tanaman yang berfungsi sebagai filter biologis, dimana tanaman akan menyerap karbon untuk kemudian dimanfaatkan dalam proses fotosintesis sehingga mampu mensuplai oksigen dan menjaga kualitas air untuk pertumbuhan ikan yang dibudidayakan. Dengan memanfaatkan sistem akuaponik, diharapkan dapat mereduksi konsentrasi TOC dalam kolam budidaya melalui tanaman yang digunakan. Jenis tanaman yang sudah dicoba dan berhasil cukup baik adalah kangkung, tomat, sawi dan fetchin atau pokchai (Widyastuti, 2008). Karena media tanaman tidak menggunakan tanah maka agar tanaman dapat tumbuh baik perlu disemaikan dahulu sampai bibit berumur 1 bulan untuk kemudian tanaman kangkung siap dipindahkan pada sistem akuaponik (Anonim, 1996).

Fokus dalam akuakultur adalah memaksimalkan pertumbuhan ikan di dalam kolam pemeliharaan. Ikan biasanya ditebar pada kolam dengan kepadatan yang tinggi. Tingkat penebaran ikan yang tinggi menyebabkan kebutuhan akan oksigen

menjadi meningkat dan terjadi penurunan kualitas air budidaya akibat feses dan pakan yang tidak termakan. Akuaponik menyatukan simbiosis antara tanaman dan ikan, dimana tanaman memanfaatkan kotoran ikan yang berisi hampir semua nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan proses fotosintesis, sehingga mampu memberikan suplai oksigen dan menjaga kualitas air untuk pertumbuhan ikan yang dibudidayakan (Ahmad dkk., 2007).

B. Klasifikasi dan Identifikasi Kangkung Air (*Ipomea aquatica* Forsk)

Kangkung air (*Ipomea aquatica* Forsk) merupakan tanaman air yang banyak ditemukan di beberapa wilayah Asia Tenggara, India dan Cina bagian Tenggara. Tanaman ini tumbuh dengan cara merambat dan dapat mengapung di atas air (Wang *et al.*, 2008). Klasifikasi kangkung air (*Ipomea aquatica* Forsk) menurut (Suratman *et al.*, 2000) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Subdivisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledoneae
Ordo : Tubiflorae
Famili : Convolvulaceae
Genus : *Ipomea*
Spesies : *Ipomea aquatica* Forsk.



Gambar 2. Kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

Tanaman Kangkung mempunyai daun licin dan berbentuk mata panah, sepanjang 5–6 inci. Tumbuhan ini memiliki batang yang menjalar dengan daun berselang dan batang yang menegak pada pangkal daun. Tumbuhan ini berwarna hijau pucat dan menghasilkan bunga berwarna putih, yang menghasilkan kantong, mengandung empat biji benih (Nisma dan Arman 2008).

Akar tumbuhan kangkung (*Ipomoea aquatica* Forsk) tumbuh menjalar dengan percabangan yang cukup banyak. Pada bagian batang berbentuk menjalar di atas permukaan tanah basah atau terapung, kadang-kadang membelit. Tangkai daun melekat pada buku-buku batang, bentuk daunnya seperti jantung, segitiga, memanjang, bentuk garis atau lanset, rata atau bergigi, dengan pangkal yang terpancung atau bentuk panah sampai bentuk lanset (Prasetyawati 2007). Prasetyawati (2007) menjelaskan bahwa tanaman kangkung air memiliki karangan bunga di ketiak, bentuk payung atau mirip terompet, berbunga sedikit. Terdapat daun pelindung tetapi kecil, daun kelopak bulat telur memanjang tetapi tumpul.

Tonjolan dasar bunga bentuk cincin, tangkai putik berbentuk benang, kepala putik berbentuk bola rangkap. Bentuk buahnya bulat telur yang di dalamnya berisi 3-4 butir biji. Bentuk biji bersegi-segi agak bulat dan berwarna coklat atau kehitam-hitaman. Habitat tumbuh tanaman kangkung air di tempat yang lembab, daerah rawa, parit, sawah, pinggir-pinggir jalan yang tergenang. Menurut Steenis (2005) Tumbuhan Kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) dapat tumbuh dengan baik sepanjang tahun. Tanaman kangkung air termasuk semak, daur hidupnya kadang-kadang berumur satu tahun atau menahun (Prasetyawati 2007). Tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) merupakan tumbuhan yang hidup di air dan biasanya disebut dengan hydrophyta. Sistem perakarannya di tanah meskipun tempat tumbuhnya adalah di perairan (Lukito 2001)

Akar merupakan organ tanaman yang berfungsi untuk memperkuat berdirinya tubuh tumbuhan, menyerap air dan unsur hara tumbuhan dari dalam tanah, mengangkut air dan unsur hara ke bagian tumbuhan yang memerlukan, dan tempat penimbunan zat makanan cadangan. Anatomi akar primer yang dipotong membujur tersusun dari tudung akar, epidermis akar, korteks, endodermis, dan stele (Nugroho dan Sutrisno 2008). Tanaman kangkung dapat tumbuh pada kondisi dengan sumber nitrogen sangat terbatas (Djukri 2005).

C. Klasifikasi dan Identifikasi Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*)

Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) (Gambar 3) merupakan jenis ikan konsumsi air tawar dengan tubuh memanjang dan kulit licin.



Gambar 3. Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*).

Klasifikasi ikan lele menurut Saanin (1984) adalah:

Kingdom : Animalia

Sub-kingdom : Metazoa

Phyllum : Chordata

Sub-phyllum : Vertebrata

Klas : Pisces

Sub-klas : Teleostei

Ordo : Ostariophysi

Sub-ordo : Siluroidea

Familia : Clariidae

Genus : *Clarias*

Spesies : *Clarias gariepinus*

Ikan lele dumbo merupakan ikan perairan tawar yang habitatnya di sungai dengan arus air yang perlahan, rawa, telaga, waduk, sawah yang tergenang air. Ikan lele bersifat nokturnal, yaitu aktif bergerak mencari makanan pada malam hari. Pada siang hari, ikan lele berdiam diri dan berlindung di tempat-tempat gelap. Di alam ikan lele memijah pada musim penghujan. Ikan lele dapat hidup pada suhu 20°C, dengan suhu optimal 25-28°C. Pertumbuhan larva diperlukan kisaran suhu antara 26-30°C dan untuk pemijahan 24-28°C, pada pH 6,5–9 (Mahyudin 2008).

Ikan lele dumbo adalah jenis ikan hibrida hasil persilangan antara ikan lele asal Taiwan *Clarias fuscus* dengan ikan lele asal Afrika *Clarias mosambicus*. Secara biologis ikan lele dumbo mempunyai kelebihan dibandingkan dengan jenis lele lainnya, antara lain lebih mudah dibudidayakan dan dapat dipijahkan sepanjang tahun, fekunditas telur yang besar serta mempunyai kecepatan tumbuh dan efisiensi pakan yang tinggi. Ikan lele dumbo memiliki ciri-ciri tubuh yang memanjang, agak bulat, kepala gepeng, tidak memiliki sisik, mulut besar, warna kelabu sampai hitam. Di sekitar mulut terdapat bagian nasal, maksila, mandibula luar dan mandibula dalam, masing-masing terdapat sepasang kumis. Hanya kumis bagian mandibula yang dapat digerakkan untuk meraba makanannya. Kulit lele dumbo berlendir tidak bersisik, berwarna hitam pada bagian punggung (*dorsal*) dan bagian samping (*lateral*). Sirip punggung, sirip ekor, dan sirip dubur merupakan sirip tunggal, sedangkan sirip perut dan sirip dada merupakan sirip ganda. Pada sirip dada terdapat duri yang keras dan runcing yang disebut patil. Patil lele dumbo tidak beracun (Suyanto 2007).

Ikan lele dumbo dicirikan oleh jumlah sirip punggung, sirip dada, sirip perut, sirip anal dan jumlah sungut 4 pasang, dimana 1 pasang diantaranya lebih besar dan panjang. Perbandingan antara panjang standar terhadap tinggi badan adalah 1:5-6 dan perbandingan antara panjang standar terhadap panjang kepala 1:3-4. Ikan lele dumbo memiliki alat pernapasan tambahan berupa *aborescen* yang merupakan kulit tipis, menyerupai spons, yang dengan alat pernapasan tambahan ini ikan lele dumbo dapat hidup pada air dengan kondisi oksigen yang rendah.

D. Peran Tanaman Dalam Menyerap Karbon

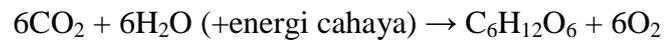
CO₂ diperairan dihasilkan dari respirasi organisme budidaya (ikan) maupun difusi dari udara. Gas CO₂ adalah bahan baku bagi fotosintesis dan laju fotosintesis dipengaruhi oleh kadar CO₂ yang tersedia (Ardiansyah 2009). Kenaikan CO₂ memiliki pengaruh positif terhadap penggunaan air oleh tanaman (Wolfe, 2007). Tanaman mampu memanfaatkan karbon melalui stomata, stomata memiliki fungsi sebagai pintu masuknya CO₂ dan keluarnya uap air dari daun. Besar kecilnya pembukaan stomata merupakan regulasi terpenting yang dilakukan oleh tanaman, dimana tanaman berusaha memasukkan CO₂ sebanyak mungkin tetapi dengan mengeluarkan air sedikit mungkin untuk mencapai efisiensi pertumbuhan yang tinggi (June, 2006). Tanaman tidak membutuhkan pembukaan stomata maksimum untuk mencapai kadar CO₂ optimum di dalam daun jika kadar CO₂ di atmosfer meningkat, sehingga laju pengeluaran air dikurangi (June, 2006).

Tanaman hijau daun menyerap CO₂ selama fotosintesis dan memakainya sebagai bahan untuk membuat karbohidrat. Fotosintesis merupakan salah satu mekanisme penting pengambilan CO₂ dari perairan. Tanaman memiliki peran penting dalam mengurangi carbon karena tanaman mampu memanfaatkan karbon untuk melakukan proses fotosintesis guna menghasilkan oksigen. Tanaman yang bisa dimanfaatkan sebaiknya mempunyai nilai ekonomis, misalnya bayam hijau, bayam merah, kangkung dan selada. Tanaman yang umumnya digunakan yaitu kangkung, karena harga jual dan permintaan yang cukup tinggi. Kangkung merupakan tanaman dengan akar yang tidak terlalu kuat dan dalam pemeliharaannya memerlukan air secara terus-menerus (Nugroho dan Sutrisno, 2008). Selain itu, kangkung juga mudah dibudidayakan dengan waktu panen yang cukup singkat. Kangkung yang ditanam di daerah tercemar akan menyerap zat-zat beracun yang terdapat di lingkungan sekitarnya (Nazaruddin, 1999).

E. Mekanisme Penyerapan Karbon di Perairan

Penyerapan CO₂ oleh perairan terjadi melalui dua mekanisme yaitu pompa daya larut (*solubility pump*) dan pompa biologis (*biological pump*). Pompa daya larut dibangkitkan oleh pertukaran gas antar permukaan udara dengan air dan proses-proses fisis yang membawa CO₂ ke dalam air. CO₂ atmosferik masuk ke air melalui pertukaran gas yang bergantung pada kecepatan angin dan perbedaan tekanan parsial CO₂ udara dengan air. Pompa biologis merupakan peran dari fitoplankton sebagai produsen primer. Fitoplankton mengambil nutrien dan CO₂ melalui proses fotosintesis, laju dimana proses ini terjadi disebut produktivitas primer kotor. Fotosintesis adalah proses fisiologis dasar yang penting bagi nutrisi

tanaman termasuk fitoplankton. Reaksi fotosintesis secara sederhana dapat diringkas dalam persamaan umum sebagai berikut (Wetzel, 1983) :



Berdasarkan persamaan reaksi tersebut dapat disimpulkan bahwa jumlah CO_2 yang dipakai oleh fitoplankton untuk fotosintesis adalah sebanding dengan jumlah materi organik $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ yang dihasilkan. Secara teoritis untuk mengukur laju produksi senyawa-senyawa organik dapat diukur dengan cara mengetahui laju hilangnya atau munculnya beberapa komponen yang ada dalam reaksi tersebut. Laju fotosintesis dapat diukur dengan laju hilangnya CO_2 atau munculnya O_2 . Pengukuran dalam prakteknya yang digunakan hanya dua komponen yaitu CO_2 dan O_2 (Nybakken, 1992).

Pertukaran karbon menjadi penting dalam mengontrol pH di perairan. Pada saat CO_2 memasuki perairan, asam karbonat terbentuk:



Reaksi ini memiliki sifat dua arah, mencapai sebuah kesetimbangan kimia. Reaksi lainnya yang penting dalam mengontrol nilai pH perairan adalah pelepasan ion hidrogen dan bikarbonat. Reaksi ini mengontrol perubahan yang besar pada pH:



Karbon dioksida (CO_2) pada konsentrasi yang tinggi ($>100\text{mg/l}$) dapat bersifat racun, karena keberadaannya dalam darah dapat menghambat pengikatan oksigen oleh hemoglobin, sehingga ikan dapat kehilangan keseimbangan, dan bahkan berakibat kematian.

F. Kelimpahan dan Keragaman Fitoplankton

Fitoplankton didefinisikan sebagai organisme tumbuhan mikroskopik yang hidup melayang, mengapung di dalam air dan memiliki kemampuan gerak yang terbatas (Goldman and Horne, 1983). Dalam pertumbuhannya setiap jenis fitoplankton mempunyai respon yang berbeda terhadap perbandingan nutrien yang terlarut dalam badan air (Tilman, 1977). Nutrien yang dibutuhkan untuk pertumbuhan fitoplankton yakni, nitrat, fosfat dan karbon, dimana karbon penting digunakan untuk proses fotosintesis. Meskipun jumlah biomasa fitoplankton hanya 0,05% biomassa tumbuhan darat namun jumlah karbon yang dapat digunakan dalam proses fotosintesis sama dengan jumlah karbon yang difiksasi oleh tumbuhan darat (50-100 PgC/th) (Bishop and Davis, 2000). Oleh karena itu perbandingan nutrien (C:N:P) sangat menentukan dominasi suatu jenis fitoplankton di perairan (Kilham and Kilham, 1978).

Selain perbandingan nutrien, dominasi fitoplankton juga ditentukan oleh pemangsaan oleh zooplankton. Selanjutnya diketahui pula bahwa dalam kondisi kepadatan fitoplankton yang tinggi dan jenisnya beragam, zooplankton akan melakukan pemilihan (*selective feeding*) terhadap jenis, bentuk dan ukuran fitoplankton yang hendak dimakannya (Frost, 1980). Dominasi suatu jenis fitoplankton dapat disebabkan oleh adanya jenis fitoplankton tertentu yang tidak dapat dimakan zooplankton, sehingga jenis-jenis fitoplankton yang tersisa akan berkembang dan mendominasi.