II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*)

2.1.1 Klasifikasi Ikan Lele Sangkuriang

Lele sangkuriang termasuk dalam kerabat lele dumbo (Khairuman dan Amri, 2008). Lele sangkuriang merupakan salah satu varietas atau strain unggul hasil perbaikan genetik lele yang dilakukan oleh Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Tawar (BBPBAT) Sukabumi dengan menyilangkan induk lele dumbo betina generasi kedua (F2) dengan induk jantan generasi keenam (F6) (Kordi, 2010). Klasifikasi ikan lele sangkuriang menurut Kordi (2010) adalah sebagai berikut:

Filum : Chordata

Kelas : Pisces

Sub Kelas : Teleostei

Ordo : Ostariophysi

Sub Ordo : Siluroidea

Famili : Clariidae

Genus : *Clarias*

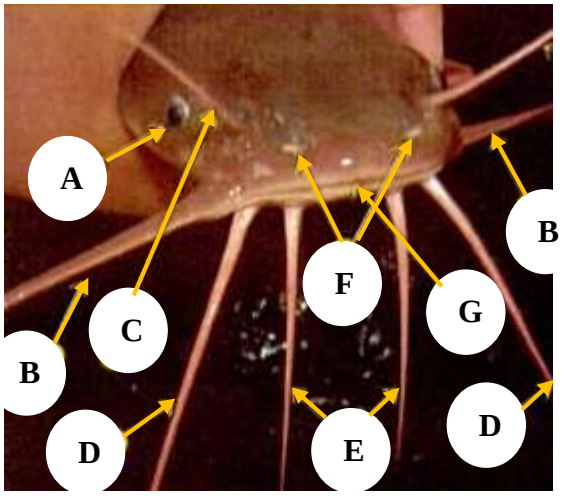
Spesies : *C. gariepinus*

Budidaya lele sangkuriang berkembang pesat karena 1) produksi tinggi; 2) panen lebih cepat; 3) kemampuan bertelur dan daya tetas telur tinggi; 4) lebih tahan terhadap penyakit; (5) kualitas daging lebih unggul dibanding lele dumbo; (6) lebih tahan banting; (7) teknik pemeliharaan lebih mudah; (8) bisa dibudidayakan di lahan sempit (Nasrudin, 2010). Keunggulan lele sangkuriang dibanding lele dumbo adalah fekunditas telur yang lebih banyak dan nilai konversi pakan atau FCR lele sangkuriang lebih kecil daripada lele dumbo (Khairuman dan Amri, 2008).

2.1.2 Morfologi Ikan Lele Sangkuriang

Tubuh lele sangkuriang (Gambar 2) tidak bersisik dengan warna dasar hitam, coklat, dan kadang agak kehijauan. Tubuh lele sangkuriang dibagi menjadi tiga yaitu kepala, badan, dan ekor. Kepalanya pipih dengan batok kepala yang keras (Gambar 3) dengan mata dan hidung yang kecil, mulutnya lebar disertai kumis, serta terdapat tutup insang di bagian kepala (Basahudin, 2009).

Gambar 2. Ikan lele sangkuriang (Sumber : Dokumentasi pribadi)



Gambar 3. Morfologi kepala lele sangkuriang. (A) mata; (B) sungut maxilar; (C) sungut nasal; (D) sungut mandibular luar; (E) sungut mandibular dalam; (F) hidung; (G) mulut (Sumber : Mahyudin, 2008)

Badan bagian depan terdapat penampang melintang yang membulat, sedangkan bagian tengah dan belakang berbentuk pipih (Astuti, 2003). Lele sangkuriang memiliki lima buah sirip, yang terdiri atas dua buah sirip berpasangan dan tiga buah sirip tunggal. Sirip berpasangan terdiri atas sirip dada (*pectoralfin*) yang dilengkapi dengan patil dan sirip perut (*Ventralfin*). Sirip tunggal terdiri atas sirip punggung (*dorsalfin*), sirip ekor (*caudalfin*), dan sirip dubur (*analfin*) (Basahudin, 2009).

2.1.3 Habitat dan Kebiasaan Makan

Habitat ikan lele sangkuriang sama dengan jenis lele lainnya yaitu semua perairan tawar dan relatif tahan terhadap kondisi air yang kurang baik. Di alam, ikan lele hidup di sungai-sungai yang arusnnya mengalir lambat, danau, waduk, telaga, rawa, serta genangan air, seperti kolam (Mahyuddin, 2008). Kualitas air yang dianggap baik untuk kehidupan lele sangkuriang adalah suhu yang berkisar antara 24 – 30^{o}C, pH 6,6 – 7,5, kandungan oksigen terlarut 5 – 6 mg/l (Djoko, 2006) dan NH_3 sebesar 0,05 ppm (Khairuman dan Amri, 2002).

Ikan lele bersifat nokturnal, artinya aktif pada malam hari atau lebih menyukai tempat yang gelap, tetapi dalam usaha budidaya ikan lele dibuat beradaptasi menjadi diurnal (Suyanto, 1992). Lele sangkuriang tergolong ikan omnivora (pemakan segala). Pakan alami lele sangkuriang berupa cacing, plankton, jenis serangga kecil, keong dan lainnya, tetapi dalam budidaya perlu diberikan pakan tambahan yaitu pakan yang banyak mengandung protein hewani. Jika pakan yang diberikan banyak mengandung protein nabati, pertumbuhannya lambat. Lele bersifat kanibalisme, yaitu sifat suka memangsa jenisnya sendiri, jika kekurangan pakan (Mahyuddin, 2008).

2.2 Teknologi Bioflok

Teknologi bioflok (BFT) merupakan salah satu teknologi dalam akuakultur yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas air dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrien (Ekasari, 2009). Crab *et al.* (2007), menyatakan bahwa BFT dalam akuakultur berupaya memadukan teknik pembentukan bioflok sebagai sumber pakan. Bioflok merupakan kumpulan berbagai bakteri, fitoplankton, mikroalga dan organisme lain yang tersuspensi dengan detritus dalam air media budidaya (Crab *et al.*, 2009). Teknologi bioflok ini merupakan hal baru dalam budidaya perairan karena perubahan sistem autotrofik menjadi heterotrofik (McIntosh, 2000). Sistem heterotrofik merupakan sistem pemanfaatan limbah nitrogen pada budidaya air tawar oleh bakteri secara heterotrofik dengan penambahan karbon organik tertentu (Gunadi *et al*., 2009).

Konsep dasar bioflok adalah mengubah senyawa karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N) dan sedikit fosfor (P) menjadi massa lumpur berupa bioflok

dengan menggunakan bakteri pembentuk flok yang mensintesis biopolimer polihidroksi alkanoat sebagai ikatan bioflok (McIntosh, 2000). Dominasi bakteri dalam sistem heterotrofik dipengaruhi oleh rasio C:N media dan bioflok akan terbentuk jika rasio C:N dalam sistem lebih dari 15 (Avnimelech, 2009). Pertumbuhan bakteri heterotrof dapat dirangsang dengan penambahan sumber karbon organik pada media. Jika karbon dan nitrogen seimbang, N anorganik akan dikonversi menjadi biomassa protein bakteri (Avnimelech, 1999; Schneider *et al.*, 2005). Penambahan sumber karbon organik selain dapat meningkatkan kualitas air budidaya, bioflok yang dihasilkan juga dapat dikonsumsi organisme akuatik sebagai sumber pakan (Burford *et al*., 2003; Hari *et al.*, 2004; Avnimelech, 2005; Supono *et al.*, 2013). Beberapa sumber karbon yang dapat digunakan untuk pembentukan bioflok antara lain tepung tapioka, molase, tepung singkong, dan gula pasir (Purnomo, 2012; Septiani, 2014).

2.3 *Polyhydroxybutyrate* (PHB)

Bakteri pembentuk flok dipilih dari genera bakteri non patogen, mampu mensintesis PHA, mampu memproduksi enzim ekstraseluler, mampu memproduksi bakteriosin yang dapat mencegah bakteri patogen, mengeluarkan metabolit sekunder yang menekan pertumbuhan dan menetralkan toksin dari plankton merugikan dan mudah dibiakkan di lapangan (Suryaningrum, 2012). *Polyhydroxyalkanoate* (PHA) adalah poliester yang disintesis secara intraseluler oleh mikroorganisme sebagai bahan makanan cadangan (Solaiman dan Ashby, 2005). Salah satu PHA yang umum diproduksi oleh bakteri adalah *polyhydroxybutyrate* (PHB) (Anderson dan Dawes, 1990). Berdasarkan penelitian

Supono *et al.* (2013) diketahui bahwa rasio C:N dan rasio C:P terbaik untuk produksi optimal PHB secara berturut-turut adalah 20,9 dan 125.

Polyhydroxybutyrate (PHB) merupakan produk polimer intraselular yang dihasilkan oleh berbagai jenis mikroorganisme sebagai bentuk simpanan energi dan karbon (Defoirdt *et al.*, 2007). Penelitian de Schryver (2010) menyebutkan manfaat PHB antara lain sebagai cadangan energi bagi ikan, dapat terurai dalam pencernaan, meningkatkan asam lemak, dan mampu meningkatkan pertumbuhan ikan. PHB diduga memiliki efek pencegahan dan pengobatan terhadap infeksi *Vibrio* serta manfaat probiotik dalam akuakultur (Defoirdt, *et al*., 2007; de Schryver *et al*., 2008). Bioflok mengandung PHB berkisar 0,9 – 16% yang cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan ikan akan PHB yang tidak lebih dari 1% (de Schryver dan Verstraete, 2009).

Beberapa bakteri yang mampu mensintesis PHB antara lain *Alcaligenes eutrophus* (Shimizu *et al.*, 1993; Kim *et al.*, 1994; Shang *et al.*, 2003), *Alcaligenes latus* (Wang dan Lee 1997; Grothe dan Christi, 2000), *Bacillus megaterium* (Otari dan Ghosh, 2009) dan *Bacillus cereus* (Nair *et al*., 2008; Margono, 2011).

2.4 Lipopolisakarida dan Peptidoglikan

Dinding sel bakteri mengandung lipopolisakarida dan peptidoglikan. Senyawa tersebut berfungsi membantu proses aktivasi *prophenoloxidase* menjadi *phenoloxidase* melalui reaksi *prop activating system* yang mempengaruhi melanisasi dan merangsang fagositosis sel *hyaline* (Smith *et al.*, 2003). Lipopolisakarida terdapat pada dinding sel bakteri gram negatif, sedangkan

peptidoglikan terdapat pada dinding sel bakteri gram positif (Irianto, 2007). Sel gram positif memiliki dinding sel dengan lapisan peptidoglikan yang tebal (Sunatmo, 2007). Bakteri gram negatif mengandung lipid dan lemak yang presentasenya lebih tinggi dibanding bakteri gram positif (Sudarsono, 2008).

Lipoplisakarida (LPS) merupakan salah satu imunostimulan yang digunakan untuk menstimulasi sel B (Alifuddin, 2002). Lipopolisakarida merupakan endotoksin yang dihasilkan oleh bakteri gram negatif misalnya *Eschericia coli* (Marianingsih, 2012). Penelitian Roza *et al.* (2006) membuktikan bahwa penggunaan peptidoglikan sebagai imunostimulan mampu meningkatkan respon imun non spesifik benih kerapu bebek terhadap infeksi *Viral Nervous Necrosis* (VNN).

2.5 Sistem Imun dan Imunostimulan

Sistem imun merupakan sistem koordinasi respons biologik yang bertujuan melindungi integritas dan identitas individu serta mencegah invasi organisme dan zat yang berbahaya yang dapat merusak dirinya (Munasir, 2001). Respon imun dibagi menjadi 2 yaitu respon imun spesifik atau humoral dan respon imun non spesifik atau seluler. Respon humoral merupakan respon yang bersifat spesifik dilakukan oleh suatu substansi yang dikenal sebagai antibodi atau imunoglobulin, sedangkan respon seluler ikan bersifat non spesifik dilakukan oleh *cell mediated imunity* (Anderson 1974; Walczak 1985).

Peningkatan sistem imunitas/kekebalan tubuh ikan sangat diperlukan agar mampu melawan serangan semua jenis organisme atau toksin yang cenderung merusak jaringan dan organ (Fujaya, 2004). Peningkatan kekebalan ikan dapat dilakukan

dengan pemberian imunostimulan. Imunostimulan merupakan sekelompok senyawa biologi dan sintetis yang dapat meningkatkan respon imun non spesifik (Johnny dan Roza, 2002; Johnny *et al.*, 2004). Imunostimulan merupakan zat kimia, obat-obatan, stresor, atau aksi untuk meningkatkan respon imun ikan yang berinteraksi secara langsung dengan sel sistem imun (Sakai, 1999).

Fungsi imunostimulan dalam tubuh adalah untuk mengaktivasi sel darah putih sehingga daya tahan tubuh terhadap serangan patogen meningkat (Mudjiutami *et al.*, 2007; Suprayudi *et al.*, 2006). Penelitian Johnny *et al.* (2001) menunjukkan bahwa imunostimulan mampu meningkatkan respon imun non spesifik ikan dengan cara meningkatkan aktifitas fagositas. Galindo dan Hosokawa (2004) *dalam* Suhermanto *et al.* (2013) mengatakan ada 10 kelompok immunostimulan yaitu produk bakteri, jamur, ragi/khamir, ikatan partikel terlarut dengan âglukan, glikan-polisakarida, kitin dan kitosan, peptida, ekstrak tumbuhan dan hewan, bahan sintetis dan sitokinin. Pemberian imunostimulan dapat dilakukan dengan cara perendaman, penyuntikan (injeksi) dan melalui pakan (oral) (Anderson, 1992; Nuryati *et al.*, 2006; Suprayudi *et al.*, 2006; Mudjiutami *et al.*, 2007).

2.6 Darah Ikan

Darah merupakan cairan yang dialirkan melalui sel vasikular, berfungsi membawa zat-zat penting ke seluruh sel dalam tubuh dan menampung hasil metabolisme untuk kembali dibawa ke organ ekskresi (Jain, 1993). Komponen darah terdiri atas plasma darah dan sel darah. Sel-sel darah terdiri atas sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan keping darah (trombosit) (Wedemeyer dan Yasutake, 1977).

Svobodova (1991) menyatakan bahwa pemeriksaan komponen darah (hematologi) dapat digunakan untuk mengetahui kondisi kesehatan ikan, mengevaluasi pertahanan non spesifik ikan, dan pengaruh stress terhadap kesehatan ikan. Yoanita (2010), pengamatan hematologi dilakukan dengan menghitung total leukosit dan diferensial leukosit untuk mengetahui peningkatan sistem imun. Hal ini dikarenakan leukosit berperan dalam sistem imun, yaitu jika terdapat benda asing di dalam tubuh maka leukosit akan membentuk antibodi yang berfungsi merangsang, mengidentifikasi dan mentralisasikan benda asing (antigen).

Leukosit terdiri dari dua golongan, yaitu granular dan agranular. Leukosit granular mempunyai bentuk inti yang bervariasi, sedangkan leukosit agranular mempunyai sitoplasma yang tampak homogen dan intinya berbentuk bulat atau seperti ginjal. Leukosit granular dibedakan menjadi neutrofil, basofil dan eosinofil, sedangkan leukosit agranular dibedakan menjadi monosit dan limfosit (Chinabut *et al.*, 1991). Johnny *et al.* (2003), leukosit yang biasa ditemukan pada ikan adalah limfosit, monosit, neutrofil, dan trombosit.

Limfosit merupakan sistem kekebalan tubuh non spesifik yang mampu melindungi tubuh dari serangan mikroba (Rustikawati, 2012). Limfosit yang terbentuk oleh imunostimulan membantu dalam mensintesa antibodi dan memfagosit bakteri (Moyle dan Cech, 2004). Monosit bersama dengan neutrofil bertugas melakukan proses fagositosis (Madigan dan Martinko, 2006). Pada saat terjadi infeksi oleh benda asing, maka monosit akan bergerak keluar dari pembuluh darah dan melakukan fagositosis. Monosit mampu menembus dinding pembuluh darah kapiler dan masuk ke jaringan, kemudian berdiferensiasi menjadi makrofag (Tang dan Affandi, 2002). Neutrofil memiliki fungsi utama sebagai makrofag. Neutrofil

dikatakan sebagai sistem pertahanan utama karena karena mampu bergerak lebih cepat menuju benda asing yang masuk ke dalam tubuh ikan untuk menghancurkannya. Ketika neutrofil bergerak keluar, monosit akan menggantikan kerja netrofil dalam proses fagositosis (Nuryati *et al*, 2006). Sebagai salah satu jenis sel leukosit yang bersifat fagositosis, neutrofil hanya mampu memfagosit sekali saja kemudian mati, berbeda dengan monosit yang mampu memfagosit berulang kali (Tizard, 1988). Trombosit berfungsi melokalisasi serangan patogen agara tidak meluas, menutup luka dan pembekuan darah (Nuryati *et al.*, 2006). Trombosit yang diproduksi digunakan dalam proses pembekuan dan dan untuk mencegah terjadinya pendarahan (Suprayudi, 2006).

Johnny *et al.* (2007) menyebutkan parameter pengamatan respon imun non spesifik antara lain aktivitas fagositosis atau *phagocytic activity* (PA), indeks fagositosis atau *phagocytic index* (PI), dan aktivitas lisosim atau *lysozyme activity* (LA). Aktivitas fagositik merupakan suatu kegiatan untuk melakukan fagositosis dalam sistem pertahanan non spesifik yang melibatkan sel monoklier (monosit dan makrofag), granulosit (neutrofil), dan limfosit (Johnny *et al.*, 2007). Peningkatan indeks fagositik menunjukkan peningkatan kekebalan tubuh, sesuai dengan penelitian Brown (2000) bahwa peningkatan kekebalan tubuh dapat dilihat dari peningkatan aktivitas sel fagosit. Peningkatan indeks fagositik merupakan fungsi dari peningkatan total leukosit maupun persentase differensial leukosit masing-masing pada limfosit, monosit, dan neutrofil (Amrullah, 2005). Lisosim merupakan enzim hidrolitik yang ada pada lendir, serum dan sel-sel fagositik berbagai jenis ikan. Lisozim diperkirakan mampu memberikan kekebalan terhadap patogen mikrobik (Johnny *et al.*, 2007).