

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ikan Sidat

2.1.1 Morfologi Ikan Sidat

Spesies *Anguilla* merupakan familia dari Anguillidae, memiliki pola hidup katadromous yaitu memulai kehidupan dari laut, tumbuh menjadi dewasa di perairan tawar dan kembali ke laut untuk memijah. Klasifikasinya adalah (Deelder, C.L., 1984):

Filum : Vertebrata

Divisio : Pisces

Klas : Teleostomi

Ordo : Anguilliformes

Sub Ordo : Anguilloidae

Familia : Anguillidae

Genus : *Anguilla*

Spesies : *Anguilla bicolor*

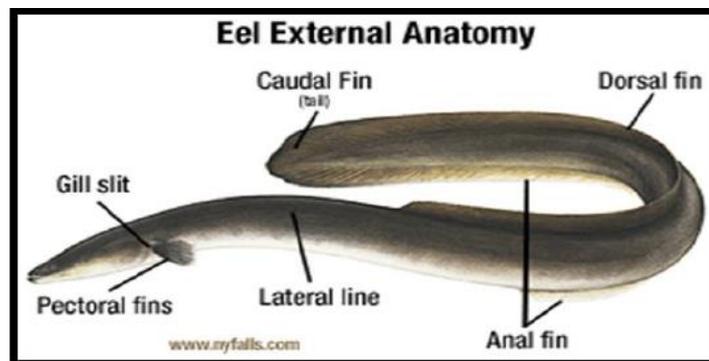
Subspesies : *Anguilla bicolor bicolor*

Sidat memiliki sirip dada (*pectoral*) yang sempurna yang terdapat pada bagian belakang tutup insang serta sirip punggung (*dorsal*), sirip ekor (*caudal*) dan sirip anal yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya. Sirip sidat dilengkapi dengan jari-jari lunak yang dapat dilihat dengan mata telanjang. Menurut Berg (1949 dalam Deelder, C.L., 1984), ciri ikan sidat adalah tubuh memanjang seperti ular, sirip *dorsal*, sirip *caudal* dan sirip anal bergabung menjadi satu, sirip dada ada dan sirip perut tidak ada, tubuh diliputi sisik halus.

Ikan sidat memiliki *linea lateralis* yang terbentuk dengan baik, perut jauh dari kepala, mulut terminal, rahang tidak memanjang secara khusus, gigi kecil, *pektinat* dan *setiform* dalam beberapa sisi rahang dan *vomer*, terdapat gigi halus pada tulang faring, membentuk “*ovate patch*” pada faring, bagian atas celah insang *lateral vertical* berkembang dengan baik dan terpisah satu sama lainnya. Insang dapat terbuka lebar, terdapat lidah, bibir tebal, tulang frontal, berpasangan tetapi tidak tumbuh bersama. *Palatopterygoid* berkembang baik, *premaksila* tidak berkembang

sebagai suatu elemen yang dapat dibedakan pada ikan dewasa, lengkun pektoral terdiri dari 7-9 (untuk yang masih muda mencapai 11) elemen radial, tulang ekor tanpa proses *transverse*.

Bentuk ikan sidat sangat berbeda antara stadia dini dengan stadia dewasanya. Telur yang telah dibuahi akan berkembang menjadi *leptocephalus*, pada saat tersebut bentuknya berupa daun. *Leptocephalus* tersebut akan mengalami metamorfosa menjadi larva transparan (*elver, glass eel*). Bentuk sidat pada saat stadia *glass eel* adalah silinder dan transparan, kemudian *glass eel* akan bermigrasi dari laut ke air payau atau air tawar. Selama migrasi tersebut setahap demi setahap larva mengalami pigmentasi hingga pada akhirnya seluruh tubuh larva berpigmen. Seluruh pigmentasi ini sejalan dengan pertumbuhan larva (Affaudi., dan Riani 1994., dalam Sasono, A.D., 2001).

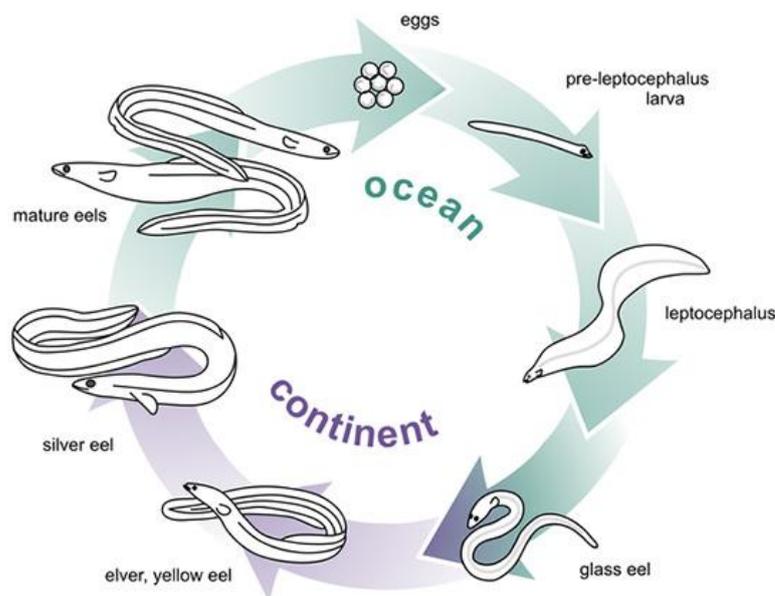


Gambar 2.1. Anatomi Ikan Sidat (*Anguilla bicolor bicolor*)

Organ pernafasan utama ikan sidat adalah insang yang berfungsi sebagai paru-paru seperti pada hewan darat. Ikan ini memiliki empat pasang insang yang terletak pada rongga branchial. Setiap lembar insang terdiri atas beberapa filamen insang dan setiap filamen insang terbentuk dari sejumlah lamella yang di dalamnya terdapat jaringan pembuluh darah. Kemampuan ikan sidat dalam mengambil oksigen dari udara secara langsung menyebabkan ikan sidat dapat bertahan cukup lama di udara terbuka yang memiliki kelembaban yang tinggi. Keistimewaan lainnya adalah sidat memiliki kemampuan mengabsorpsi oksigen melalui seluruh permukaan tubuhnya. Sisik sidat yang kecil membantu dalam proses pernafasan melalui kulit, berdasarkan hasil penelitian 60% kebutuhan oksigen pada ikan sidat

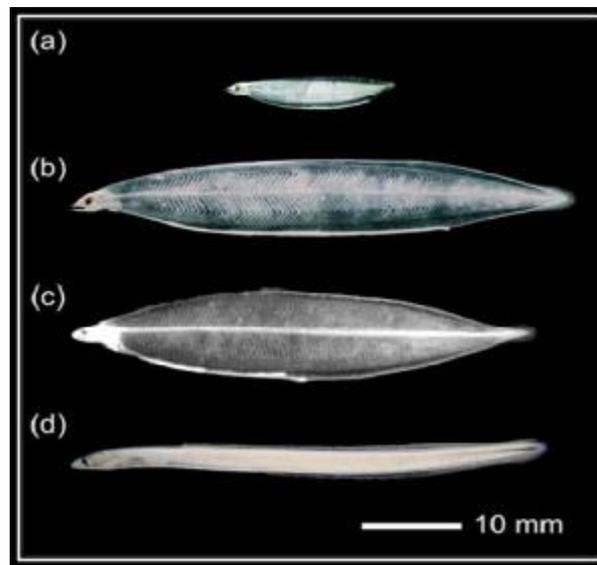
dipenuhi melalui pernafasan kulit. Sidat dilengkapi dengan tutup insang berupa celah kecil yang terletak di bagian belakang kepala, ini berfungsi dalam mempertahankan kelembaban di dalam rongga branchial (Tesch, F.W., 1991).

Siklus hidup ikan sidat terbagi menjadi 3 fase tempat hidup, yaitu fase di lautan, fase di air payau, dan fase di sungai. Sidat mengalami empat fase pertumbuhan. Pertumbuhannya dimulai dari ikan sidat memijah di laut pada kedalaman sekitar 400 meter dan setelah telurnya dikeluarkan, telur-telur tersebut akan mengapung dekat permukaan air dan telurnya menetas menjadi larva sidat disebut *leptocephalus* (Usui, A., 1974), tubuhnya lebar seperti daun dan transparan. *Leptocephalus* akan berkembang secara bertahap dari tubuh lebar transparan menjadi tubuh silindris transparan disebut *glass eel*. Setelah berukuran sekitar 12 cm disebut *elver*. Selanjutnya, menjadi *fingerling* dengan panjang tubuh sekitar 40 cm. *Fingerling* kemudian menjadi sidat ukuran konsumsi dengan panjang tubuh 50 cm hingga satu meter lebih.



Gambar 2.2. Siklus Hidup Ikan Sidat (*Anguilla bicolor bicolor*) (Henkel, C.V *et al.*, 2012)

Makanan utama larva sidat adalah plankton, sedangkan sidat dewasa menyukai cacing, serangga, moluska, udang dan ikan lain. Sidat dapat diberi pakan buatan ketika dibudidayakan. Makanan terbaik untuk sidat pada stadia *preleptocephali* adalah telur ikan hiu, dengan makanan ini sidat stadia *preleptocephali* mampu bertahan hidup hingga mencapai stadia *leptocephalus*. Berikut ini adalah bentuk sidat (*Anguilla bicolor*) dari fase *leptocephalus* sampai pada fase *glass eel* dapat dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini (Aoyama, J., 2009).



Gambar 2.3. Fase Hidup ikan sidat *Anguilla bicolor bicolor*

(a) *leptocephalus* muda (17 mm TL), (b) *leptocephalus* sepenuhnya (49 mm), (c) *leptocephalus* yang sedang bermetamorfosis (46 mm) dan (d) tahap *Oceanic glass eel* (47 mm).

2.1.2 Klasifikasi *Anguilla bicolor bicolor*

Anguilla bicolor bicolor merupakan subspecies dari genus *Anguilla*. Menurut Sarwono, B., (1993), di perairan Indonesia terdapat tujuh spesies ikan sidat. *Anguilla celebensis* dan *Anguilla borneensis* merupakan hewan endemic di

perairan Kalimantan dan Sulawesi. *Anguilla interiosis* dan *Anguilla obscura* berada pada perairan sebelah utara Pulau Papua. *Anguilla bicolor pasifica* dapat ditemukan pada perairan Indonesia bagian utara (Samudera Pasifik). *Anguilla bicolor bicolor* berada pada sekitar Samudera Hindia (daerah barat Pulau Sumatera dan selatan Pulau Jawa). *Anguilla marmorata* merupakan jenis sidat kosmopolitan dengan daerah sebaran di seluruh perairan tropis.

Anguilla bicolor bicolor memiliki ciri fisik yang berbeda diantara jenis ikan sidat yang lainnya. Bila dibandingkan dengan *Anguilla marmorata*, *Anguilla bicolor bicolor* memiliki warna hitam polos dan perutnya berwarna putih kekuningan. Berikut merupakan perbedaan secara fisik antara *Anguilla marmorata* dengan *Anguilla bicolor bicolor*.



Gambar 2.4 Perbandingan fisik *Anguilla marmorata* dan *Anguilla bicolor bicolor* (Sumber : Suitha M., 2008)

Selain memiliki ciri fisik yang khusus, *Anguilla bicolor bicolor* memiliki waktu berpijah yang berbeda dibanding dengan subspecies yang lain, menurut Setyawan, *et al.*, (2003) *Anguilla bicolor bicolor* puncak berpijah *Anguilla bicolor bicolor* terjadi pada bulan Mei dan Desember. Di perairan air payau *Anguilla bicolor bicolor* dapat ditemukan pada bulan September dan Oktober. Jumlah terbanyak pada bulan September.

Kandungan gizi *Anguilla bicolor bicolor* sangat tinggi bila dibandingkan dengan kandungan hewan lain. Menurut Suitha, M., (2008) kandungan vitamin dan mikronutrien pada *Anguilla bicolor bicolor* sangat tinggi. Kandungan vitamin B1, vitamin B2, dan vitamin A *Anguilla bicolor bicolor* masing-masing 25 kali lipat, 5 kali lipat, dan 45 kali lipat kandungan vitamin B1, vitamin B2, dan vitamin A susu sapi. Kandungan seng (Zn) Sembilan kali lipat kandungan seng susu sapi.

2.1.3 Habitat Ikan Sidat

Sidat hidup di dua jenis perairan. Fase larva hingga menjelang dewasa hidup di sungai. Setelah dewasa menuju laut dalam untuk bereproduksi. Selanjutnya, larva hasil pemijahan terbawa arus ke pantai dan menuju perairan tawar melalui sungai.

Jumlah *glass eel* yang memasuki perairan tergantung daerahnya. *Glass eel* biasanya bergerombol dalam jumlah cukup besar, mencapai 100

juta ekor setiap tahunnya. Bobot *glass eel* saat memasuki perairan tawar 0,15-2 gram (Gambar 2). Panjangnya tubuhnya 50-60 mm (Afrianto., dkk., 2005).



Gambar 2.5 Ikan Sidat (*Anguilla bicolor bicolor*) Fase *Glass Eel*

Sidat dapat beradaptasi pada suhu 12-31 °C. Nafsu makannya menurun pada suhu lebih rendah dari 12 °C. Salinitas (kadar garam perairan) yang bisa ditoleransi antara 0-35 ppm. Salinitas dan turbiditas (kekeruhan suatu perairan) merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap jumlah *elver* di suatu daerah. *Elver* lebih menyukai habitat dengan salinitas rendah dan turbiditas tinggi (Knights, B., 2006).

Pengaruh produktivitas di suatu perairan mempengaruhi distribus jenis dan rasio kelamin sidat. Sidat betina lebih menyukai perairan esturia dan sungai-sungai besar yang produktif. Sementara, sidat jantan lebih banyak menghuni perairan berarus deras dan berproduktivitas rendah.

2.1.4 Reproduksi Ikan Sidat

Di awal pertumbuhannya (pada tahap larva) jenis kelamin sidat sulit dibedakan. Pada pertumbuhan selanjutnya sebagian gonad akan berkembang menjadi ovarium dan sebagian menjadi testis. Perbedaan antara sidat jantan dan betina terlihat jelas setelah dewasa. Sidat jantan memiliki mata lebih lebar daripada sidat betina pada usia, panjang, dan berat yang sama.

Waktu berpijah sidat di perairan Samudera Hindia berlangsung sepanjang tahun. Saat puncak berpijah *Anguilla bicolor bicolor* terjadi pada bulan Mei dan Desember (Setyawan, *et al.*, 2003). Menurut Mc Kinnon, L.J., (2006), *Anguilla bicolor bicolor* hanya memijah sekali di laut kemudian mati. Di perairan Segara Anakan, *Anguilla bicolor bicolor* dapat ditemukan pada bulan September dan Oktober. Jumlah terbanyak pada bulan September.

2.2 Jenis Pakan *Glass Eel Anguilla bicolor bicolor*

Ikan sidat dalam fase *glass eel* harus diberikan pakan alami dalam memenuhi kebutuhan nutrisinya. Salah satu pakan alami yang penting dan sering diberikan pada ikan adalah *Tubifex sp.* karena memiliki nutrisi yang tinggi bagi ikan, relatif murah, mudah untuk didapatkan, dan mudah untuk dicerna oleh benih ikan (Churmaid., dan Suprpto., 2004). *Tubifex sp.* dikategorikan kedalam kelompok Nematoda. *Tubifex sp.* memiliki bentuk tubuh yang lunak, panjang, halus, dan lembut sehingga sering disebut cacing sutra.



Gambar 2.6 *Tubifex.sp*

Tubifex sp. sebagai pakan alami untuk ikan, *Tubifex.sp* memiliki bentuk tubuh yang sesuai dengan bukaan mulut benih ikan. Selain itu, *Tubifex sp.* salah satu pakan alami yang mampu memenuhi nutrisi untuk pertumbuhan benih ikan lebih cepat dibanding pakan alami lainnya. Kandungan nutrisi yang terkandung dalam *Tubifex.sp.* yaitu protein 51,9%, karbohidrat 20,3%, lemak 22,3%, dan bahan abu 5,3%. *Tubifex sp.* tersusun dari dua jenis asam amino, yaitu asam amino esensial dan asam amino non-esensial. Asam amino esensial antara lain lisin, leusin, methionine, fenilalanin, treonin, triptofan, dan valin. Asam amino non-esensial antara lain, yaitu aspartat, asparagine, asparagine, glutamat, sistin, glisin, glutamin, serin, prolin, arginine, tirosin, dan histidin (Wijayanti, K., 2010). *Tubifex sp.* memiliki kandungan kalsium, B12, asam nikotinat, pantotenat, dan B2 (Chumaidi, S *et al.*, 1990). Selain kandungannya dapat memenuhi nutrisi benih ikan, *Tubifex sp.* memiliki tubuh tanpa kerangka sehingga memudahkan benih ikan untuk mengkonsumsinya, namun sebaliknya pada induk *Tubifex sp.* tidak cocok dikarenakan memiliki kandungan lemak tinggi yang akan menyebabkan saluran telur terhambat (Subandiyah, S, *et al.*F, 2003).

2.3 Kualitas Air Budidaya Glass Eel *Anguilla bicolor bicolor*

Air sebagai media hidup ikan harus memiliki sifat yang cocok bagi kehidupan ikan, karena kualitas air dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan makhluk hidup di air (Djarmika, D. H, dkk., 1986). Kualitas air merupakan faktor

pembatas terhadap jenis biota yang dibudidayakan di suatu perairan (Kordi M. G., dan Tanjung A. B., 2007).

Parameter air yang merupakan kunci penting dalam budidaya ikan, khususnya sidat adalah suhu, pH (keasaman), oksigen terlarut (DO), alkalinitas, dan salinitas yang berfungsi untuk memacu metabolisme. Jika faktor dasarnya sudah terpenuhi, berikutnya adalah teknis budidaya, seperti pakan, kepadatan tebar, kedalaman, dan sebagainya (Ryan, P., 2009).

2.3.1 Derajat Keasaman (pH) Budidaya Ikan Sidat

Dalam budidaya ikan pada pH 5 masih dapat ditolerir oleh ikan tapi pertumbuhan ikan sidat akan terhambat. Namun ikan dapat mengalami pertumbuhan yang optimal pada pH 6,5-9,0 (Kordi M. G., dan Tanjung A. B., 2007). Derajat keasaman yang masih dapat ditolerir oleh ikan air tawar adalah 4,0 (Asmawi, A., 1983).

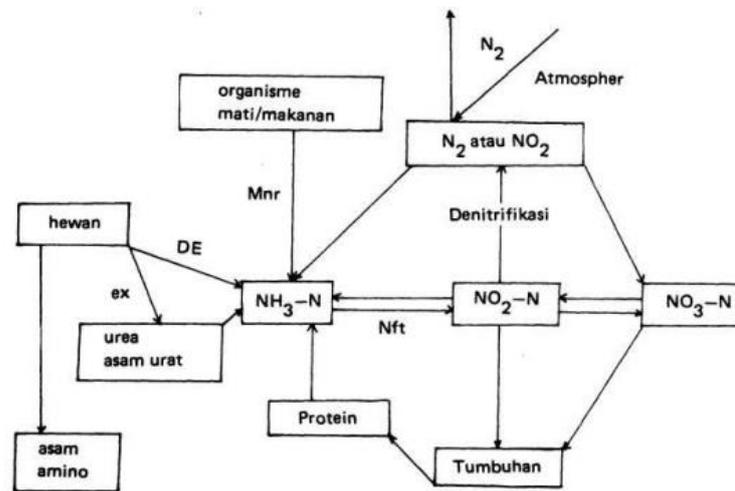
pH merupakan ukuran dari konsentrasi ion hidrogen dan menunjukkan suasana keasaman atau basa dalam perairan dan pH adalah faktor yang mempengaruhi konsentrasi karbondioksida dan senyawa yang bersifat asam (Suryaningrum, F.M., 2012). pH adalah nilai negatif konsentrasi pada ion hydrogen dan kisaran pH yang cocok untuk ikan adalah pada rentang 6,5-9,0 (Boyd, C.E., 1990). Jika pH dibawah 4,0 dan diatas 11,0 maka akan menyebabkan tumbuhan air mengalami fotosintesis.

2.3.2 Salinitas Budidaya Ikan Sidat

Salinitas menunjukkan kadar garam terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam dalam tanah. Kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran air alami sangat kecil sehingga air di tempat ini dikategorikan sebagai air tawar. Kandungan garam air tawar kurang dari 0,05%. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air payau atau menjadi *saline* bila konsentrasinya 3 sampai 5%. Lebih dari 5% disebut *brine* (air garam). Salinitas dapat dinyatakan sebagai konsentrasi total dari semua ion yang terlarut didalam air (Nybakken W.J., 1992).

2.3.3. Kadar Nitrogen Budidaya Ikan Sidat

Nitrogen yang terdapat dalam air berada dalam beberapa bentuk senyawa yaitu amonia (NH_3), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3), gas Nitrogen bebas (N_2) dan dalam bentuk senyawa organik seperti protein atau asam amino. Menurut Spotte, S.H., (1979) senyawa-senyawa nitrogen ini biasanya berasal dari atmosfer, persediaan air, sisa makanan, organisme mati dan dari hasil metabolisme hewan-hewan air (Gambar 2.7).



Gambar 2.7 Siklus Nitrogen di dalam sistem resirkulasi akuarium (Spotte, S.H., 1979). Mnr : Mineralisasi, Nft : Nitrifikasi, DE : *Direct Excretion*, ex : *Excretion*

Hasil penelitian Colt, J., dan Armstrong, D., (1981) menunjukkan bahwa walaupun nitrogen yang terdapat dalam air budidaya terdiri dari bermacam-macam bentuk senyawa, namun yang bersifat racun terhadap organisme perairan hanya tiga senyawa yaitu amonia, nitrit dan nitrat.

2.3.3.1 Kadar Amonia Budidaya Ikan Sidat

Buangan nitrogen dari hewan air lebih dari 50% sebagai amonia, biasanya melalui insang dan faeses dalam bentuk urea, asam urat, asam amino, amino oksida dan macam-macam amine. Dalam proses mineralisasi urea berubah menjadi amonia (*deamination*) karena sebuah gugus amino bereaksi dengan air membentuk amonia (Spotte, S.H.,n 1979). Berikut ini reaksi kimia urea menjadi ammonia :

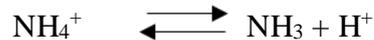


Amonia dihasilkan oleh hewan amonolitik dan urealitik. Laju pembentukan senyawa amonia ini ditentukan oleh laju proses metabolik hewan-hewan tersebut. Faktor lain yang mempengaruhi hasil amonia adalah suhu, ukuran ikan, aktivitas, kesehatan ikan, kandungan protein dalam pakan serta faktor lingkungan lain yang berhubungan dengan laju metabolik ikan (Davitson, B., 1980). Dalam air amonia mengalami hidrolisis dan menghasilkan ion amonium (NH_4^+), sesuai dengan persamaan reaksi:



Ion amonium yang berasal dari ikan, bila masuk ke dalam air bisa terurai menjadi amonia dan ion hidrogen. Reaksi penguraian ini sangat tergantung pada pH air.

Bila pH turun, ion amonia banyak dihasilkan dan keseimbangan reaksi bergerak ke kiri, sehingga jumlah ion NH_4^+ lebih banyak dari NH_3 . Kadar amonia tidak hanya ditentukan oleh pH, tetapi dipengaruhi juga oleh



suhu dan salinitas. Bila suhu air naik dan salinitas turun, maka kadar amonia naik. Menurut hasil penelitian Davitson, B., (1980) pengaruh salinitas relatif lebih kecil dibandungkan dengan pengaruh suhu terhadap jumlah NH_3 .

Kerusakan organ-organ tubuh organisme perairan akibat ammonia biasanya terjadi pada organ yang ada kaitannya dengan sistem transpor oksigen seperti insang, sel sel eritrosit dan jaringan penghasil eritrosit. Kenaikan amonia dalam darah dan jaringan akan menyebabkan kerusakan fisiologis pada hewan serta perubahan pH darah dan interselluler. Hal ini akan mempengaruhi stabilitas membran dan reaksi enzim katalis, proses berbagai metabolisme terutama pada otak dan syaraf (Colt, J., dan Armstrong, D., 1981).

2.3.3.2 Kadar Nitrit Budidaya Ikan Sidat

Nitrit adalah bentuk ion dari asam nitrat (HNO_2) dan berasal dari proses nitrifikasi (bantuan bakteri anaerob), dimana amonia dirubah menjadi nitrit kemudian nitrat. Laju produksi nitrit tergantung pada jumlah populasi bakteri dalam

air. Apabila pH rendah dan temperatur tinggi, maka produksi asam nitrit lebih banyak dari garam nitrit (NO_2^-).



Pengaruh utama dari racun nitrit adalah perubahan di dalam transpor oksigen, oksidasi senyawa dalam jaringan. Nitrit dapat mengoksidasi ion ferro dalam hemoglobin menjadi ion ferri yang mengubah menjadi hemoglobin menjadi methemoglobin (Colt, J., dan Armstrong, D., 1981). Daya racun nitrit lebih kuat di air asin daripada air tawar. Kalsium dan Karbonat serta ion klorida dapat menaikkan toleransi ikan Salmoid kepada nitrit sampai 60 kali (Perrone, S.J., dan Mafe, T.L., 1977).

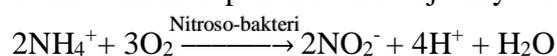
2.3.3.3 Kadar Nitrat Budidaya Ikan Sidat

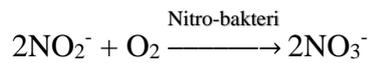
Nitrat adalah produksi dari nitrit di dalam proses nitrifikasi dan merupakan bentuk oksidasi terbanyak dari nitrogen dalam air. Alga dan Diatomae serta tumbuhan lainnya dengan mudah berasimilasi dengan ion Nitrat dalam air (Colt, J., dan Armstrong, D., 1981). Daya racun nitrat kurang kuat bila dibandingkan dengan nitrit dan amonia. Walaupun demikian nitrat kadang-kadang bisa menjadi salah satu masalah potensial di dalam sistem resirkulasi. Pengaruh nitrat terutama pada osmoregulasi dan transpor oksigen. Nitrat adalah oksidator yang mampu mengubah hemoglobin menjadi ferrihemoglobin (methemoglobin) serta dapat merusak darah, hati, pusat hematopoetik, filamen insang dan tingkah laku yang tidak normal.

2.3.3.4 Proses Nitrifikasi

Proses nitrifikasi merupakan dua proses oksidasi antara ammonia (NH_4^+) menjadi nitrit (NO_2^-) dan nitrit teroksidasi menjadi nitrat (NO_3^-). Nitrifikasi dapat terjadi dengan bantuan mikrobakteri (Davis, M.L., dan Cornwell, D.A., 2008). Bakteri aerobic autotroph merupakan bakteri yang dapat melakukan proses nitrifikasi. Ammonia teroksidasi menjadi nitrit oleh bakteri *Nitrosomonas*. Nitrit teroksidasi menjadi nitrat oleh bakteri *Nitrobacter* (Metcalf., dan Eddy., 2003).

Berikut ini merupakan reaksi terjadinya oksidasi :





total oksidasi dapat ditulis sebagai berikut ini

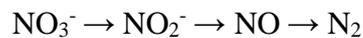


(Davis, M.L., dan Cornwell, D.A., 2008).

2.3.3.5 Proses Denitrifikasi

Denitrifikasi adalah proses reduksi yang terjadi pada nitrat menjadi nitrit oksida, nitrit oksida mengalami reduksi menjadi nitrogen oksida, nitrogen oksida tereduksi menjadi gas nitrogen. Bakteri heterotroph dan bakteri autotroph merupakan bakteri yang dapat menyebabkan proses denitrifikasi. Kebanyakan bakteri bereaksi secara anaerob fakultatif. *Pseudomonas* adalah bakteri yang sering terlibat pada proses denitrifikasi.

Berikut ini merupakan reaksi denitrifikasi :



(Davis, M.L., dan Cornwell, D.A., 2008).

2.3.4 Suhu Budidaya Ikan Sidat

Suhu mempengaruhi laju *transport* pakan dalam pencernaan dan konsumsi pakan akan mempengaruhi laju aktivitas metabolik dan aktivitas enzim (Jobling, M 1994; Kling *et al*, 2007). Menurut Toften, H., dan Jobling, M., (1996), suhu air merupakan salah satu faktor abiotik yang paling mempengaruhi kelangsungan hidup, pakan, dan laju pertumbuhan semua jenis spesies ikan Suhu air yang optimal akan memberikan informasi yang akurat dalam budidaya ikan sidat karena memiliki pengaruh terhadap laju pertumbuhan dan berimplikasi terhadap biaya pakan dan pembibitan sidat pada fase *juvenile* (Heinsbroek, L.T.N., 1991).

2.3.5 Oksigen Terlarut (Dissolve Oxygen) Budidaya Ikan Sidat

Menurut Kordi M.G., dan Tanjung A.B., (2007), beberapa jenis ikan mampu bertahan hidup pada perairan dengan konsentrasi oksigen 3 ppm, namun konsentrasi oksigen terlarut yang baik untuk hidup ikan adalah 5 ppm. Pada

perairan dengan konsentrasi oksigen dibawah 4 ppm, beberapa jenis ikan masih mampu bertahan hidup, akan tetapi nafsu makannya mulai menurun. Untuk itu, konsentrasi oksigen yang baik dalam budidaya perairan adalah antara 5-7 ppm.

2.3.6 TDS (*Total Dissolved Solid*) Budidaya Ikan Sidat

Kelarutan zat padat dalam air atau disebut sebagai total Dissolved solid (TDS) adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air. Sebagai contoh adalah air permukaan apabila diamati setelah turun hujan akan mengakibatkan air sungai maupun kolam kelihatan keruh yang disebabkan oleh larutnya partikel tersuspensi didalam air, sedangkan pada musim kemarau air kelihatan berwarna hijau karena adanya ganggang di dalam air. Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak kelihatan oleh mata telanjang (Situmorang, 2007).

Residu dianggap sebagai kandungan total bahan terlarut dan tersuspensi dalam air. Selama penentuan residu ini, sebagian besar bikarbonat yang merupakan ion utama di perairan telah mengalami transformasi menjadi karbondioksida, sehingga karbondioksida dan gas-gas lain yang menghilang pada saat pemanasan tidak tercakup dalam nilai padatan total (Boyd., C., E, 1988).

2.4 Pertumbuhan Budidaya *Glass Eel Anguilla bicolor bicolor*

Pertumbuhan adalah pertambahan ukuran suatu individu baik panjang, volume maupun berat dalam suatu waktu. Pertambahan tersebut merupakan pertambahan jaringan yang disebabkan oleh pembelahan mitosis. Kelebihan input energi dan asam amino dari makanan dapat menyebabkan pertambahan tersebut (Effendie, 1997). Kandungan makanan akan digunakan untuk metabolisme dasar, pergerakan, produksi organ, perawatan dan sebagai pengganti sel-sel yang rusak. Jika kandungan makanan yang berlebih akan digunakan untuk sel baru dan penggantian sel tubuh. (Wahyuningsih, H., dkk., 2006). Pengetahuan dari aspek pertumbuhan dilihat dari stok ikan yang dieksploitasi mutlak sebagai landasan pertimbangan untuk pengelolaan stok. Penambahan individu baru dan umur stok ikan merupakan keberhasilan masa depan sector perikanan. Pertumbuhan

ikan memiliki proses anabolisme dan katabolisme. Proses laju anabolisme melebihi laju katabolisme. Faktor-faktor proses anabolic yang akan dikontrol adalah sekresi hormone pertumbuhan pituitary dan hormone steroid dari gonad (Effendie, 1997).

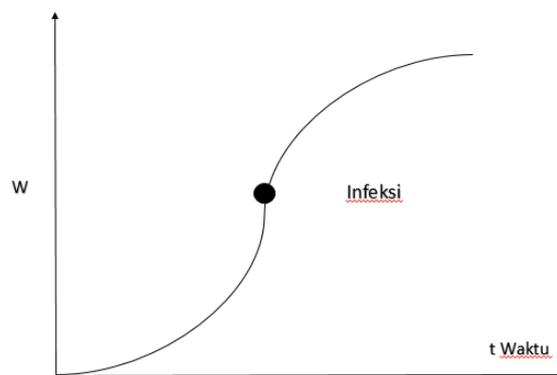
Pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal pada umumnya adalah faktor yang sulit dikontrol antara lain, jenis kelamin, keturunan, umur, ketahanan tubuh dari parasite dan penyakit. Faktor lainnya yaitu faktor eksternal yang merupakan faktor yang mudah dikontrol seperti pakan dan lingkungan sebagai media pertumbuhan ikan agar berlangsung optimal. Pakan salah satu faktor pertumbuhan yang sangat penting, jika faktor pakan kurang dari yang dibutuhkan maka akan menyebabkan laju pertumbuhan ikan menurun sebaliknya jika pakan yang diberikan sesuai dengan yang dibutuhkan dan populasinya dibatasi laju pertumbuhan akan cepat (Nikolsky, G.V., 1963).

Salah satu faktor lain yang dapat mempengaruhi adalah faktor nutrisi meliputi ketersediaan pakan, komposisi pakan, pencernaan pakan, dan kompetisi nutrisi yang diberikan. Pertumbuhan akan cepat jika adanya kelimpahan makanan dan kondisi yang mendukung (Moyle, P.B., dan Cech, J.J., 1988). Pertumbuhan akan dipengaruhi dari sumber energi yang dihasilkan pakan. Sumber energi berupa karbohidrat, lemak, dan protein (Arisman., 2004).

Pertumbuhan dipengaruhi oleh parasit yang terdapat dalam kolam pemeliharaan dan penyakit yang ada pada ikan. Parasit atau penyakit tersebut akan menyerang alat pencernaan makanan atau organ vital lainnya, sehingga menyebabkan efisiensi makanan berkurang (Effendi, 1997). Kepadatan populasi suatu kolam mempengaruhi laju pertumbuhan. Jika terlalu banyak individu pada suatu kolam pemeliharaan atau perairan tidak sebanding dengan keadaan pakan sehingga akan menimbulkan kompetisi sesama organisme untuk merebutkan pakan tersebut. Pertumbuhan akan terlihat jika organisme mendapatkan pakan maka dalam satu keturunan akan terjadi ukuran yang bervariasi (Effendi, 1997).

Pertumbuhan ikan bersifat autokatalitik yaitu pertumbuhan ikan akan melambat atau berhenti jika ikan telah mencapai titik maksimum untuk tumbuh.

Hubungan pertumbuhan ukuran dan waktu dapat digambarkan dengan kurva pertumbuhan. Pada kurva pertumbuhan memiliki titik perubahan untuk melihat terjadinya fase kenaikan dan fase penurunan pertumbuhan yang disebut dengan titik infeksi. Laju pertumbuhan dapat dilihat dari kurva pertumbuhan dari pertumbuhan mula-mula yang meningkat hingga pada bertambahnya waktu pertumbuhan tersebut menurun. Pada kurva pertumbuhan terdapat sumbu X yang menunjukkan ukuran waktu dan sumbu Y yang menunjukkan ukuran berat atau panjang. Pertumbuhan waktu sehubungan dengan pengukuran waktu yang baik adalah melihat umur ikan, jika umur ikan telah diketahui maka untuk menganalisis pertumbuhan dapat dilakukan dengan baik (Effendie, 1997). Kurva pertumbuhan dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.8 Kurva Pertumbuhan Ikan (Effendie, 1997)

Pertumbuhan memiliki dua macam yaitu pertumbuhan relative dan pertumbuhan mutlak. Pertumbuhan relative adalah panjang dan bobot rata-rata pada waktu tertentu dikurangi bobot dan panjang rata-rata awal dibagi bobot dan panjang rata-rata awal. Pola pertumbuhan ikan ditentukan oleh hubungan penambahan panjang dan penambahan bobot ikan. Pola pertumbuhan ikan terdapat dua macam yaitu pertumbuhan allometrik dan pertumbuhan isometric. Pertumbuhan allometrik adalah penambahan panjang tubuh lebih cepat dibandingkan bobot tubuh dan sebaliknya, jika pertumbuhan isometric adalah pertumbuhan panjang tubuh seimbang dengan bobot tubuhnya (Effendie, 1997).

Pertumbuhan dapat dinyatakan dengan bentuk laju pertumbuhan spesifik (%) menggambarkan proses bertambahnya ukuran dari suatu organisme dilihat dari perubahan ukuran suatu organisme dalam satuan waktu. Perhitungan laju pertumbuhan relative akan diterapkan dan bermanfaat jika ikan berukuran kecil dan interval waktu yang pendek serta ukuran ikan yang berbeda (Takeuchi, T., 1988) dengan perhitungan rumus seperti berikut :

$$SGR = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t} \times 100\%$$

Keterangan :

SGR (*Spesific Growth Rate*) : Laju pertumbuhan spesifik (%hari)

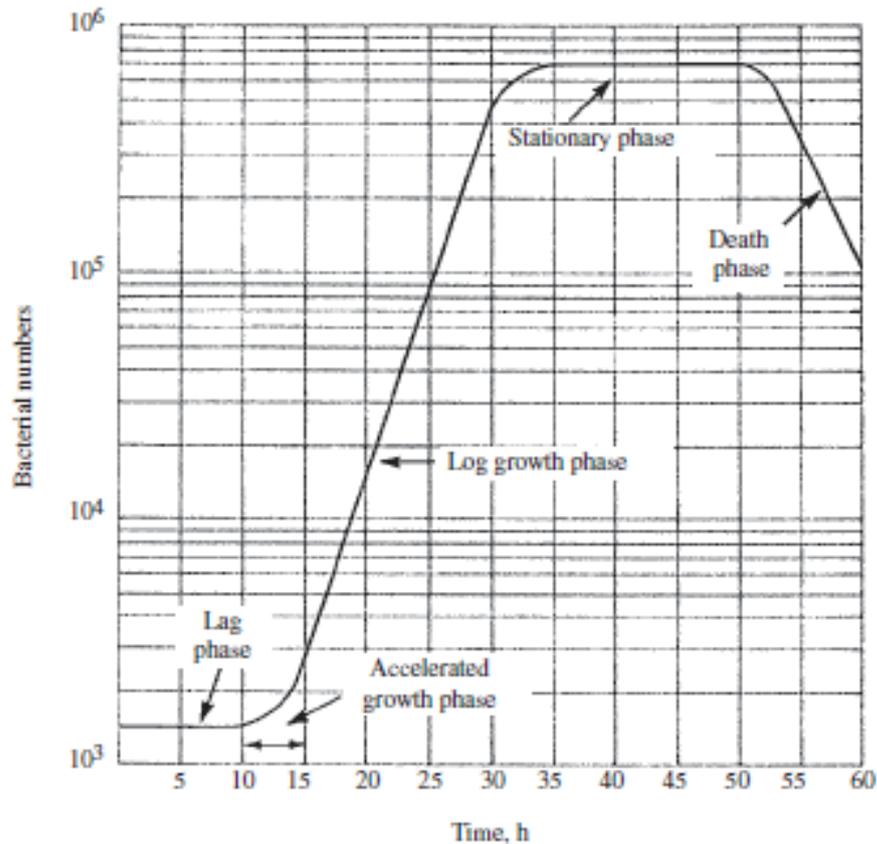
W_t : Bobot biomassa ikan uji pada akhir penelitian (g)

W₀ : Bobot biomassa ikan uji pada awal penelitian (g)

t : Lama penelitian (hari)

Pertumbuhan yang dikarenakan oleh perubahan dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor yaitu energi yang dihasilkan dari makanan (L), kalori yang dihasilkan dari energi yang dikeluarkan dari metabolisme (M), pertumbuhan ikan (G), dan energi yang terbuang dari metabolisme (E). Pertumbuhan yang bersifat positif akan menunjukkan keseimbangan energi yang positif dalam metabolisme ikan (Wahyuningsih, H dan Barus, T. A., 2006). Nilai laju koefisien pertumbuhan dapat dipengaruhi umur ikan, komposisi ikan, mortalitas alami, pergantian stok dan laju reproduksi (Praseno *et al*, 2010). Nilai koefisien laju pertumbuhan ikan yang tertinggi berarti kecepatan pertumbuhan yang tinggi (Sparre, P.E, *et al.*, 1999).

Berikut ini merupakan gambar kurva laju pertumbuhan bakteri :



Gambar 2.9 Kurva laju pertumbuhan bakteri (Davis, M. L, 2010)

Pada gambar 2.9 menunjukkan bahwa laju pertumbuhan bakteri, pada fase lag merupakan fase adaptasi, atau fase stabil. Pada fase ini massa masih sama. Pada fase ke-2 terjadi peningkatan massa yang signifikan. Fase ini disebut fase log pertumbuhan. Fase ke-3 merupakan fase kesetimbangan, pada fase ini jumlah *glass eel* yang mati dan yang hidup tidak ada peningkatan sehingga menyebabkan massa dalam keadaan setimbang. Fase ke-4 merupakan fase terakhir, pada fase ini massa cenderung menurun disebabkan oleh jumlah kematian yang tinggi sehingga mengakibatkan penurunan massa.

Selain menggunakan persamaan SGR, laju pertumbuhan dapat dihitung menggunakan persamaan laju kinetika pertumbuhan orde-1. Persamaan orde ke-1 dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$-\frac{dA}{dt} = k_1[A]$$

$$\int_{[A]_0}^{[A]} -\frac{dA}{[A]} = k_1 \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{[A_0]}{[A]} = k_1[t - t_0]$$

Atau menggunakan persamaan berikut ini :

$$-\frac{dA}{dt} = k_1[A]$$

$$\int -\frac{dA}{[A]} = k_1 \int dt$$

$$\ln \frac{[A_0]}{[A]} = k_1[t - t_0] + c$$

Bila c di evaluasi pada saat $t = 0$, $A = A_0$, maka

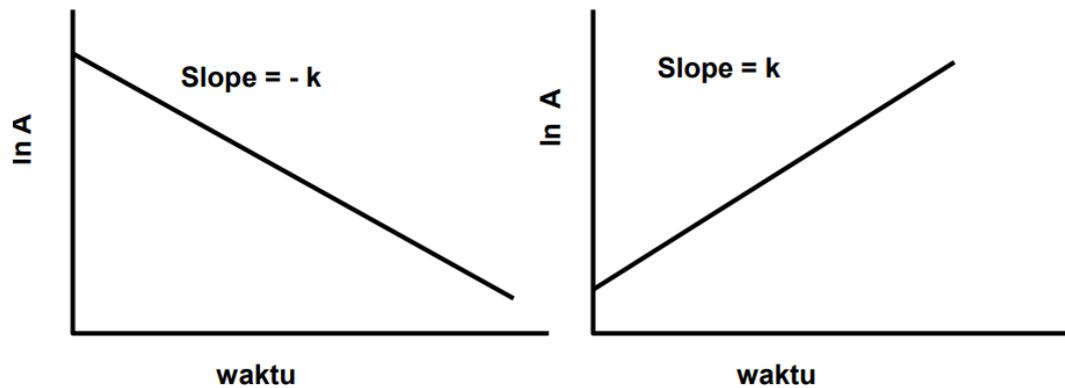
$$\ln[A] = -k_1 t + \ln[A_0]$$

$$\ln[A] = \ln[A_0] - k_1 t$$

$$[A] = [A_0] e^{-k_1 t}$$

(Atkins, P.W., 2010).

Nilai A merupakan massa *glass eel Anguilla bicolor bicolor*, karakteristik grafik orde ke-1 dapat dilihat dari gambar berikut ini :



Gambar 2.10 Kurva kinetika laju pertumbuhan orde ke-1

Pada gambar 2.9 nilai $\ln A$ merupakan massa *glass eel*, sehingga kurva laju pertumbuhan menghasilkan *tren treadline* linier dan dapat dinyatakan nilai regresi linier (r^2) merupakan laju pertumbuhan massa *glass eel* per-hari.

2.5 Kelangsungan Hidup *Glass Eel Anguilla bicolor bicolor*

Kelangsungan hidup mengenai gambaran pada periode pemeliharaan melihat ikan yang masih hidup. Kelangsungan hidup dapat dilakukan dengan membagi jumlah ikan pada akhir periode dengan jumlah akan pada saat awal pemeliharaan. Kelangsungan hidup bertujuan mengetahui kemampuan dan toleransi ikan untuk bertahan hidup dan dapat menjadi parameter kualitas benih ikan (Effendie, 1997). Kelangsungan hidup memiliki hubungan dengan mortalitas yaitu pada suatu populasi organisme yang jumlahnya berkurang diakibatkan kematian. Tingkat pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan yang dibudidayakan akan mempengaruhi besar produksinya. Salah satu parameter untuk uji kualitas benih dilihat dari kelangsungan hidup ikan tersebut. Hal ini dapat diketahui toleransi dan kemampuan ikan tersebut (Effendie, 1997). Ikan yang berukuran kecil atau benih lebih rentan terserang penyakit dan parasit.

Kelangsunga hidup/*Survival rate* merupakan presentase dari jumlah ikan yang hidup pada awal pengamatan hingga akhir pengamatan dengan rumus sebagai berikut :

$$SR = \frac{nt}{no} \times 100\%$$

Keterangan :

SR : Kelangsungan hidup (*Survival Rate*) (%)

nt : Jumlah ikan yang hidup diakhir penelitian (ekor)

no : Jumlah total ikan awal percobaa (ekor)

(Effendie, 1997).

2.6 Sistem Kekebalan Tubuh *Glass Eel Anguilla bicolor bicolor*

Imunitas diartikan sebagai daya tahan relatif terhadap infeksi mikroba tertentu (Bellanti, J.A., 1993). Sejumlah faktor yang memodifikasi mekanisme kekebalan yaitu genetik, umur, lingkungan, anatomik dan fisiologik. Dalam kaitannya dengan sistem kekebalan tubuh, Volk dan Wheeler (1988) dalam Triana, S.H, *et al.*, (2010) mengemukakan bahwa imunitas adalah suatu keadaan sangat resisten terhadap organism pathogen tertentu. Ikan memiliki sistem kekebalan tubuh untuk melawan berbagai macam penyakit, yaitu sistem pertahanan seluler dan sistem pertahanan humoral. Sistem pertahanan seluler bersifat non spesifik sedangkan sistem pertahanan humoral bersifat spesifik (Anderson, D.P., 1974).

Respon humoral merupakan respon yang bersifat spesifik dilakukan oleh suatu substansi yang dikenal sebagai antibodi atau immunoglobulin. Antibodi merupakan suatu senyawa protein yang terbentuk sebagai respon pertahanan terhadap masuknya benda asing kedalam tubuh yang dapat bereaksi dengan antigen khusus (Tizard, I., 1988). Antigen merupakan benda asing bagi tubuh yang dapat memproduksi antibodi spesifik, antibodi akan terbentuk apabila limfosit telah berfungsi dengan baik.

Sistem pertahanan seluler merupakan sistem pertahanan yang bersifat non spesifik, respon ini meliputi barrier mekanik dan kimiawi (mucus, kulit, sisik dan insang) dan pertahanan seluler (sel makrofag, leukosit seperti : monosit, neutrofil, eosinofil dan basofil). Mucus ikan yang menyelimuti permukaan tubuh, insang dan terdapat lapisan mukosa usus berperan sebagai pemerangkap pathogen secara mekanik dan eliminasi pathogen secara kimiawi dengan lizozim dan enzim proteolitik lainnya (Anderson, D.P., 1974).

2.7 Senyawa Antimikroba Bakteri Probiotik

Senyawa antimikroba adalah substansi kimia yang diproduksi oleh bakteri, dimana senyawa ini bersifat toksik atau inhibitor bagi mikroorganisme lainnya. Sebagian besar jenis bakteri probiotik mampu memproduksi senyawa antimikroba seperti asam organik, hidrogen peroksida, lizozim, siderophores dan bakteriosin (Braun.,P *et al* 2002). Senyawa tersebut dapat menghambat aktivitas bakteri patogen baik dari jenis bakteri gram negatif maupun gram positif.

Klasifikasi jenis bakteri berdasarkan pewarnaan gram. Pewarnaan gram adalah prosedur mikrobiologi dasar untuk mendeteksi dan mengidentifikasi bakteri. Perbedaan dari kedua bakteri ini adalah dari struktur dinding selnya. Dinding sel bakteri gram positif terdiri dari lapisan peptidoglikan homogen dengan ketebalan sekitar 20 – 80 nm yang terletak di luar lapisan membrane plasma. Sementara dinding sel bakteri gram negatif ketebalan lapisan peptidoglikannya antara 2 – 7 nm dan dilapisi oleh membran luar dengan ketebalan 7 – 8 nm. Dengan begini bakteri gram positif memiliki peptidoglikan yang lebih tebal dibandingkan dengan bakteri gram negatif. Hal ini menjadikan bakteri ini akan terlihat berwarna ungu dibandingkan dengan bakteri gram negatif yang akan menghasilkan warna pink jika dilakukan pewarnaan gram (Willey, J.M, *et al.*, 2008).

Substansi dari senyawa antimikroba memiliki kemampuan dalam mengontrol jumlah bakteri patogen dalam saluran pencernaan ikan dan dalam beberapa kasus, substansi tersebut mampu mengubah metabolisme bakteri patogen (Vine *et al.*, 2006). Balcázar, J.,L *et al.*, (2007) telah mempelajari aktifitas lima bakteri asam laktat (BAL) yang dijadikan sebagai agen probiotik dalam menciptakan suasana

kompetisi pelekatan pada dinding mukosa ikan dan produksi senyawa antimikroba terhadap beberapa bakteri patogen. Berdasarkan hasil penelitiannya, dapat disimpulkan bahwa seleksi bakteri probiotik pada tingkat strain memiliki potensi menjanjikan bagi industri perikanan dalam memproduksi agen biokontrol dalam kegiatan budidaya. Penelitian lain membuktikan bahwa kolonisasi bakteri asam laktat *endogenous* (*Lactobacillus sakei*, *Lactococcus. lactis* dan *Leuconostoc mesenteroides*) mampu mencegah perkembangan penyakit furunculosis pada ikan *rainbow trout* (*Onchorhynchus mykiss*) (Balcázar *et al.* 2007).

2.8 Bakteri Patogen

Bakteri patogen adalah bakteri yang memberikan dampak merugikan bagi ikan budidaya, bakteri ini biasanya akan menjangkiti dalam sistem budidaya perikanan yang intensif. Bakteri patogen yang menyerang ikan memiliki hubungan dengan kondisi stress yang dialami oleh ikan. Ikan akan mudah stress apabila ditangani secara kasar, ditempatkan pada kolam dengan kepadatan terlalu tinggi, sarana transportasi yang tidak memadai, kualitas pakan yang rendah dan kualitas air yang buruk (Bartoloni, A, *et al.*, 2009).

Ikan sidat adalah komoditas budidaya yang memiliki nilai ekonomis tinggi sehingga dalam pembudidayaan ikan ini tidak terlepas dari serangan bakteri patogen. Bakteri patogen yang paling sering menyerang ikan sidat adalah *Aeromonas hydrophila* (Tomiyama, T., dan Hibiya, T., 1977). Serangan *A. hydrophila* yang merupakan bakteri oportunistik lebih cenderung pada ikan-ikan yang berada dalam tingkat stres yang tinggi, baik karena tingkat kepadatan yang tinggi, kualitas air budidaya yang buruk, penanganan yang kurang baik ataupun karena adanya patogen berbahaya lain yang terdapat di lingkungan tersebut (Leung, L.K.P, *et al.*, 1991). Sindermann, C.J., (1990) dalam Harikrishnan, R., dan Balasundaram., (2005), menyatakan luka borok di permukaan kulit ikan yang disebabkan oleh *A. hydrophila* adalah salah satu penanda biologis utama yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan pencemaran pada lingkungan akuatik yang dapat menyebabkan tingkat stres yang tinggi bagi ikan yang hidup di dalamnya.

Bakteri *Aeromonas* spp. termasuk ke dalam Famili *Vibrionaceae*. Bentuknya seperti batang pendek dengan ujung membulat, Gram negatif, aerobik-anaerobik fakultatif dan mampu bergerak berkat flagella polar, kecuali spesies *A. salmonicida* yang nonmotil (Botterelli., and Ossiprandi., 1999). Bakteri *Aeromonas* spp. berbentuk batang halus pendek, berukuran 0,7-0,8 μm x 1.0-1.5 μm (Kabata, Z., 1985) atau diameter 0,3-1,0 μm dan panjang 1,0-3,5 μm (Hayes, J., 2000), tidak berspora, biasanya tidak berkapsul, menyukai lingkungan yang bersuhu 15⁰-30⁰ C dan tumbuh dengan baik pada suhu optimum 28⁰ C (Hayes, J., 2000). *A. hydrophila* masih ditemukan dalam perairan umum pada kisaran suhu 4⁰-32⁰ C dan pertumbuhan mencapai tingkat tertinggi pada suhu 28⁰ C (Burton, J.R., dan Lanza, G.R., 1986).

Bakteri *A. hydrophila* biasanya ditemukan pada lingkungan perairan tawar dan merupakan penghuni saluran pencernaan ikan (*gastrointestinal*) (Tanjung *et al.* 2011). Penyakit yang disebabkan oleh bakteri ini terutama menyerang ikan air tawar seperti ikan Gurami, Lele, ikan Mas dan spesies ikan tropis lainnya termasuk ikan hias. Bakteri *A. hydrophila* merupakan penyebab utama penyakit aeromonas (*Motile Aeromonad Septicemia*, MAS) atau *Hemorrhagic Septicemia* pada berbagai hewan air terutama ikan air tawar (Austin, B., dan Austin, A., 2007).

Aeromonas sp. dapat memproduksi racun atau toksin. Toksin dikeluarkan dalam bentuk terlarut sehingga dapat langsung menginfeksi sel, selain itu toksin ini dapat bertahan di permukaan sel dan akan masuk ketika sel sudah mati. Tiga protein ekstraseluler yang dimiliki dalam kaitannya dengan patogenitas *A. hydrophila* adalah *aerolisins*, GCAT (*glycerophospholipid cholesterol acyltransferase*), dan *serin protease* (Hayes, J., 2000). Infeksi bakteri lain dapat menginduksi patogenitas bakteri *A. hydrophila*.

Menurut Hidayat, T., dan Pancoro, A., (2006), terdapat dua mekanisme patogenitas pada *Aeromonas* sp. yaitu:

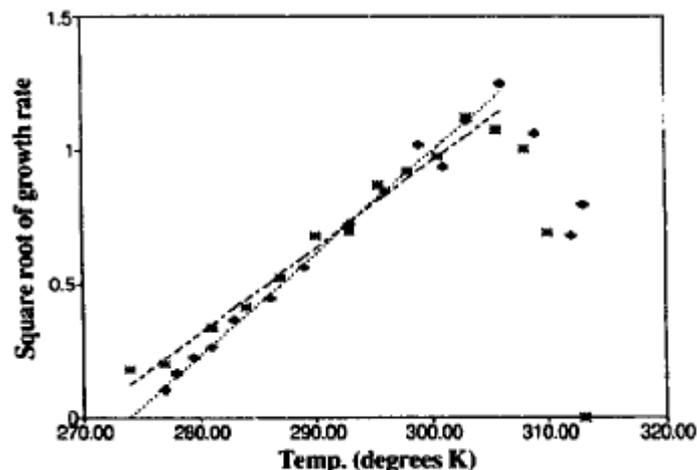
1) *Tissue adherence* yang diperantarai oleh *S layers*. *S layers* membantu pelekatan (*adherence*) dan kolonisasi bakteri pada mukosa usus. Proses ini juga

dibantu oleh struktur *filamentous (fimbriae)* atau *membranous* (adhesin) yang memiliki aktivitas hemaglutinasi, terutama ditemukan pada strain mesofilik (Botterelli., dan Ossiprandi., 1999).

2) *Toxic production*; toksin *Aeromonas* dapat diklasifikasikan sebagai ekso dan endotoksin. *Cytotoxins* dan *enterotoxins* (termasuk dengan aktivitas *haemolytic*) merupakan yang paling penting dalam patogenisitas. (Botterelli., and Ossiprandi., 1999).

Aeromonas hydrophila yang patogen, diduga memproduksi faktor-faktor eksotoksin dan endotoksin, yang sangat berpengaruh pada patogenitas bakteri ini. Eksotoksin merupakan komponen protein terlarut, yang disekresikan oleh bakteri hidup pada fase pertumbuhan eksponensial. Produksi toksin ini biasanya spesifik pada beberapa spesies bakteri tertentu baik gram positif maupun gram negatif, yang menyebabkan terjadinya penyakit terkait dengan toksin tersebut. Endotoksin adalah toksin yang merupakan bagian integral dari dinding sel bakteri gram negatif. Aktivitas biologis dari endotoksin dihubungkan dengan keberadaan lipopolisakarida (LPS). LPS merupakan komponen penyusun permukaan dari membran terluar (*outer membrane*) bakteri gram negatif (Syamsir., 2008).

Laju kinetika pertumbuhan bakteri *Aeromonas* akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya suhu pada lingkungannya. Dalam penelitian Hudson, J.A.,

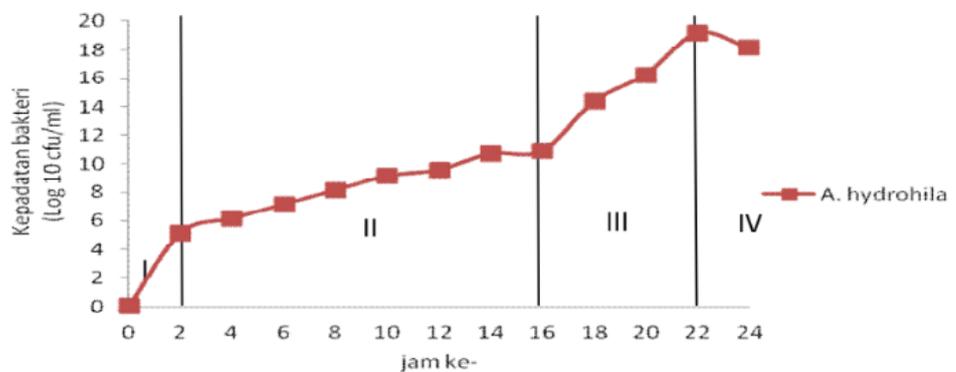


(1992) suhu optimal pertumbuhan *Aeromonas* terjadi pada suhu 30°C dan 33°C seperti tertera pada gambar berikut ini :

Gambar 2.11 Kinetika laju pertumbuhan bakteri *A. hydrophila* terhadap suhu lingkungan

Pada gambar 3.1 dapat dilihat peningkatan laju pertumbuhan bakteri *A. hydrophila* meningkat hingga suhu optimum pada temperature 30°C dan 33°C.

Dalam penelitian Haditomo, A.H., dkk., (2014) laju pertumbuhan *Aeromonas* dengan menggunakan media *broth* (TSB) dengan pengamatan setiap 2 jam selama 24 jam dapat dilihat melalui gambar 3.2 berikut ini:



Gambar 2.12 Kurva laju pertumbuhan *Aeromonas* dengan menggunakan media *broth*

Kurva pertumbuhan *A. hydrophila* pada media *broth* hasil pengamatan setiap 2 jam selama 24 jam; I = fase lamban, II = fase mulai, III = fase eksponensial, IV = fase statis dan kematian.

2.9 Antibiotik

Antibiotik adalah suatu senyawa yang dihasilkan oleh organisme seperti bakteri dan jamur, yang fungsinya salah satunya mampu menekan pertumbuhan dan atau membunuh mikroorganisme lainnya. Biasanya senyawa ini mempunyai kemampuan untuk membunuh bakteri (bakterisidal) atau menghambat

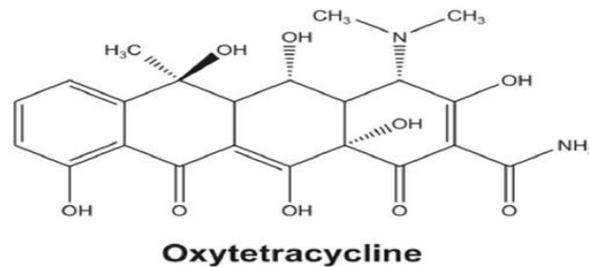
pertumbuhan bakteri (bakteriostatik) atau mikroorganisme lain. Berdasarkan sifatnya beberapa antibiotik mampu bereaksi terhadap beberapa spesies bakteri sekaligus (spektrum luas) seperti dari jenis Tetrasiklin dan Kloramphenikol, sedangkan ada juga antibiotik lain yang bersifat lebih spesifik hanya terhadap spesies bakteri tertentu (spektrum sempit) contohnya streptomisin. (Bezoen, A, *et al.*, 2000)

Sejak awal diketemukannya manfaat antibiotik bagi manusia sudah banyak dirasakan sampai sekarang. Antibiotik tidak saja digunakan untuk keperluan terapi pada manusia, namun juga digunakan pada berbagai bidang seperti pada bidang peternakan dan perikanan yaitu dalam hal profilaksis infeksi pada hewan di berbagai peternakan hewan atau penggunaan pada tanaman. Namun seperti yang disampaikan Parker, M.T., (1982), penggunaan antibiotik diberbagai bidang tersebut tak pelak menyebabkan begitu mudahnya ditemukan kandungan residu antibiotik di sekitar kita, hal tersebut menyebabkan terjadinya paparan yang terus menerus dan berlebihan pada flora tubuh manusia dan hewan terhadap antibiotik dan menyebabkan terjadinya proses seleksi bakteri yang resisten terhadap antibiotik pada suatu populasi bakteri dan terjadi transfer dari satu jenis bakteri ke bakteri yang lain.

Manfaat ditemukannya antibiotik masih dapat dirasakan sampai saat ini, akan tetapi penggunaan yang terus meningkat akan menimbulkan berbagai masalah. Salah satunya yaitu munculnya galur bakteri yang resisten terhadap beberapa antibiotik dan hal ini menyebabkan pengobatan penyakit infeksi dengan menggunakan antibiotik tidak lagi efektif dan efisien bahkan cenderung menjadi lebih mahal karena peningkatan penggunaan dosis dan penggunaan antibiotik jenis baru yang masih terbatas distribusinya. Bahkan Soedarmono dalam Sudigdoadi, S., (2007) menyampaikan masalah lain yang akan muncul adalah efek samping dari antibiotik yang cukup meresahkan apabila kemudian tidak ada lagi antibiotik yang dapat digunakan dan mampu untuk membunuh atau menghambat bakteri penyebab infeksi dan akhirnya dapat mengancam jiwa penderita.

2.9.1 Oksitetrasiklin

Oksitetrasiklin merupakan golongan Tetracycline yang ditemukan pada akhir tahun 1940 selama awal masa keemasan penemuan antibiotik yang merupakan hasil dari program seleksi produk alami (Bijan Zakeri, G.D.W., 2008). Struktur kimia Oksitetrasiklin ditunjukkan pada Gambar 2.13 berikut :



Gambar 2.13 Struktur kimia Oksitetrasiklin (Bijan Zakeri, 2008)

Oksitetrasiklin merupakan anti mikroba dengan spektrum yang luas, mempunyai efikasi yang baik terhadap bakteri gram-positif maupun gram-negatif (kecuali pada *Pseudomonas aeruginosa*) (Snyman, M.G., 2008). Mekanisme kerja Oksitetrasiklin adalah dengan menghambat sintesis DNA bakteri (Kementerian Kesehatan., 2010).

2.9.2 Dampak dan Toksisitas Oksitetrasiklin

2.9.2.1 Dampak Oksitetrasiklin

Bahaya antibiotik yang digunakan dalam produksi akuakultur terhadap kesehatan masyarakat dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Lupin, H., 2009):

a) Bahaya yang disebabkan oleh residu antibiotik yang masih diperbolehkan pada ikan dan produk ikan. Yang dimaksudkan adalah bahaya dari penggunaan antibiotik yang sebenarnya masih diperbolehkan dalam penggunaannya, namun pada kenyataannya aplikasinya menyalahi yang dianjurkan sehingga berpotensi menyebabkan bahaya resistensi.

b) Bahaya yang disebabkan oleh residu antibiotik yang dilarang, yaitu penggunaan antibiotik yang memang dilarang namun tetap digunakan biasanya terjadi karena kurangnya pengawasan atas peredaran obat-obatan yang dilarang dan kurangnya pemahaman pengguna atas bahaya yang ditimbulkan apabila tetap mempergunakan jenis antibiotik yang dilarang tersebut.

c) Bahaya yang disebabkan oleh perkembangan resistensi terhadap antibiotik pada mikroba patogen di lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan antibiotik

Antibiotik dapat dimetabolisme oleh tubuh ikan setelah pemberian, tetapi lebih dari 80 % antibiotik yang diberikan diekskresikan melalui urine atau kotoran tanpa dekomposisi secara tuntas. Oksitetrasiklin telah digunakan secara luas dalam budidaya ikan dan dampak digunakannya secara luas yang tidak terkendali menyebabkan terjadinya resistensi bakteri, dilaporkan resistensi ditemukan pada bakteri patogen ikan dan bakteri lingkungan (Kim, S, *et al.*, 2012)

Menurut Grigorakis, K., dan Rigos, G., (2011) bahwa sebagian antibiotik yang digunakan pada pengobatan di budidaya ikan adalah antibiotik yang digunakan untuk terapi pada manusia, hal ini menyebabkan penggunaan antibiotik di industri budidaya perikanan membuka peluang terjadinya resistensi dari antibiotik tersebut saat digunakan pada manusia. Masih dalam Grigorakis, K., dan Rigos, G., (2011) menyampaikan resistensi tersebut dapat muncul melalui mutasi DNA atau dengan transfer horizontal antar bakteri melalui konjugasi sehingga terjadi transfer DNA antar bakteri.

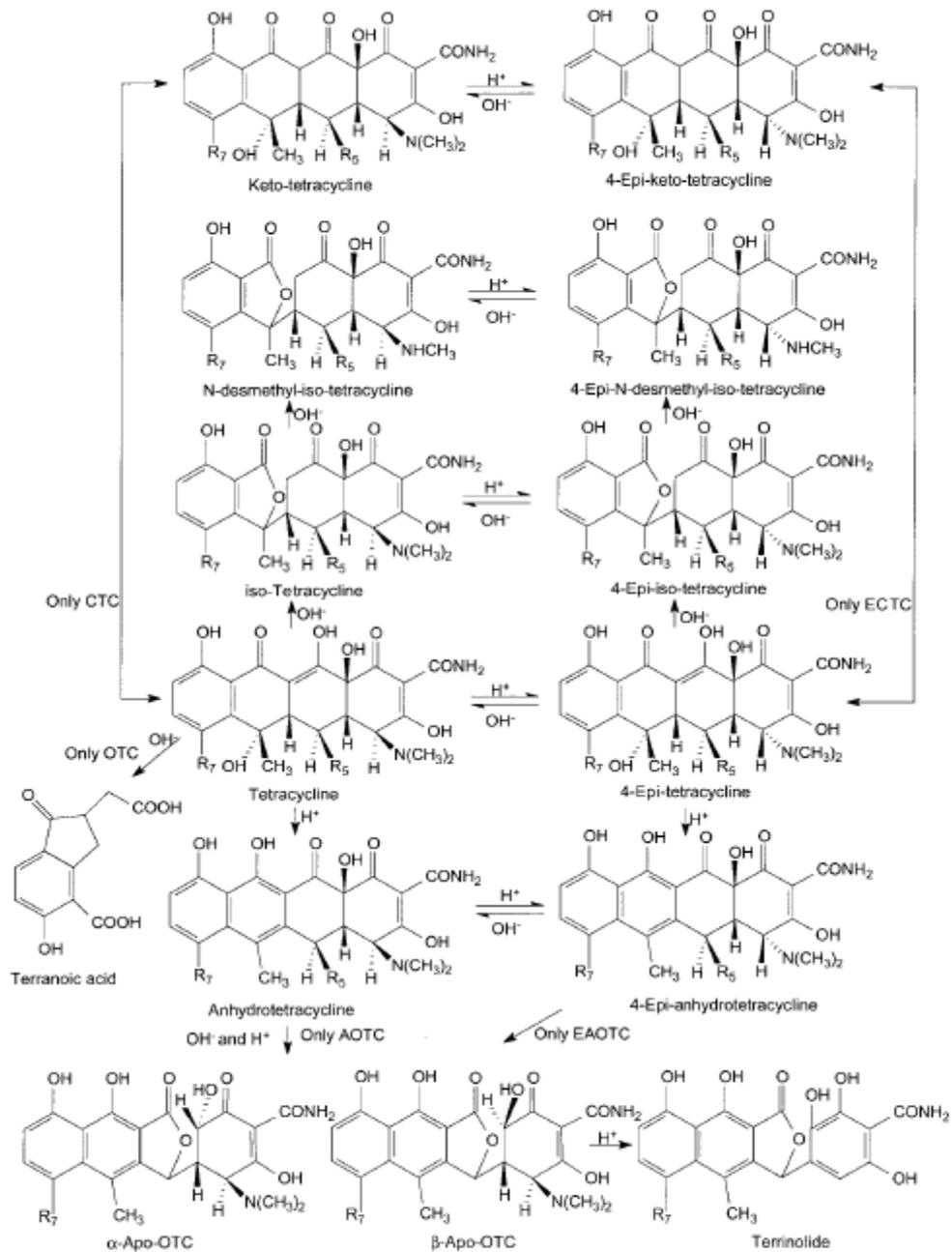
Potensi terjadinya resistensi tersebut sayangnya tidak mengenal batasan geografis dan ekologis, dan dapat terjadi dimana saja, seperti apabila ikan yang sudah menjadi inang penyakit yang sudah resisten terhadap suatu antibiotik dapat serta merta melakukan transfer resistensi pada bakteri lainya di wilayah yang berbeda bahkan sangat mungkin juga terjadi transfer resistensi pada pathogen yang juga dapat menyerang manusia. Hal tersebut bahkan telah dibuktikan secara nyata dalam penelitian yang dilakukan dengan uji coba transfer horizontal plasmid bakteri penentu resistensi dari pathogen ikan ke bakteri patogen pada manusia termasuk

bakteri *Vibrio cholerae* (Aoki, 1996), *Vibrio parahaemolyticus* (Nakajima, et al. 1983) dan *Escherichia coli* (Grigorakis, K., dan Rigos, G., 2011)

Selain menyebabkan resistensi bakteri, penggunaan Oksitetrasiklin yang tidak terkontrol juga berdampak pada kesehatan pada manusia karena proses akumulasi residu antibiotik Oksitetrasiklin dapat masuk ke tubuh manusia selain dari pemberian obat secara langsung juga dapat melalui makanan. Menurut Boonsaner, M., dan Hawker, D.W., (2013) menyampaikan Oksitetrasiklin dapat terdistribusi bertingkat dari perairan ke tanaman air, ke ikan dan kemudian masuk ke manusia, bioakumulasi Oksitetrasiklin dari lingkungan dan akhirnya masuk ke rantai makanan sehingga berpotensi mengancam kesehatan manusia.

2.9.2.2 Toksisitas Oksitetrasiklin

Oksitetrasiklin merupakan salah satu hasil degradasi dari senyawa tetrasiklin. Dalam penelitian. Halling-Sørensen, B, *et al.*, (2002). reaksi degradasi dari tetrasiklin hingga menjadi senyawa pengurainya termasuk oksitetrasiklin dapat dilihat dari gambar berikut ini



Gambar 2.14 Reaksi degradasi tetrasiklin menjadi oksitetrasiklin

(Sumber : Halling-Sørensen, B., Sengeløv, G., & Tjørnelund, J. 2002)

Oksitetrasiklin memiliki tingkat toksisitas yang rendah dibandingkan dengan senyawa degradasi lain yang dihasilkan tetrasiklin. Karena oksitetrasiklin memiliki *low potential* terhadap *sludge* dan *soil bacteria*.

2.9.3 Aplikasi Oksitetrasiklin dalam Budidaya Ikan

Permasalahan kesehatan telah menjadi permasalahan umum dalam budidaya ikan dan udang, khususnya dalam sistem intensif (Supriyadi, H., dan Rukyani, A., 2000) . Antibiotik menjadi pilihan yang biasa digunakan oleh pembudidaya untuk mengatasi permasalahan tersebut. Antibakteri biasanya digunakan dalam budidaya perikanan selama siklus produksi, baik pada pembesaran maupun pembenihan (Soto-Rodríguez, *et al.*,2006).

Penggunaan antibiotik dalam budidaya memiliki perbedaan dari penggunaannya pada hewan darat. Dalam budidaya perikanan, antibiotik secara teratur ditambahkan ke pakan, yang kemudian ditempatkan di dalam air di mana ikan dipelihara. Dalam beberapa kasus, antibiotik dapat ditambahkan langsung ke air. Prosedur ini menghasilkan tekanan selektif dalam lingkungan dalam hal ini adalah air. Oleh karena itu penggunaan antibiotik dalam budidaya perikanan mungkin melibatkan aplikasi lingkungan yang luas yang mempengaruhi berbagai bakteri. (Romero, J., *et al.*, 2012).

Oksitetrasiklin telah digunakan secara luas dalam perikanan sebagai agen untuk pengobatan dan pencegahan karena aktivitas spektrumnya yang luas (Olatoye, I.O., dan Basiru, A., 2013). Sifat Oksitetrasiklin adalah bakteriostatik yaitu tidak membunuh bakteri patogen yang ada, tapi antibiotik ini bekerja dengan cara menghambat perkembangan sel-sel bakteri dengan cara mengikat secara reversible ribosom bakteri dan menghambat sintesa protein dari bakteri. Antibiotik yang mengandung oksitetrasiklin masuk ke dalam golongan yang masih diperbolehkan untuk digunakan sebagai pengobatan dan terapi serangan bakteri pada kegiatan budidaya karena merupakan termasuk antibiotik yang cukup aman, meskipun kalsium Oksitetrasiklin berpotensi toksik bagi mikroorganisme dalam tanah, Oksitetrasiklin juga dihasilkan secara alamiah oleh bakteri tanah. Oleh karena itu EPA (Environmental Protection Agency) mengklasifikasikan kalsium Oksitetrasiklin termasuk dalam kategori IV yang menunjukkan toksisitas akut dengan tingkat paling rendah (Raini, M., 2015).

