

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Ikan Bawal Air Tawar (*Colossoma macropomum*)

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Klasifikasi bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) (Gambar 1)

Novesa (2012) adalah :

- Filum : Chordata,
- Kelas : Actinopterygii,
- Ordo : Characiformes,
- Famili : Characidae,
- Genus : *Colossoma*,
- Spesies : *C. macropomum*



Gambar 1. Ikan Bawal air tawar (Anonymous, 2014).

Ikan bawal air tawar memiliki morfologi tubuh dari samping tampak membulat dengan perbandingan antara panjang dan tinggi 2:1. Bila dipotong secara vertikal ikan bawal air tawar memiliki bentuk tubuh pipih dengan perbandingan antara tinggi dan lebar 4:1. Sisik ikan bawal air tawar berbentuk ctenoid, dimana ditengah bagian sisik belakang menutupi sisik bagian depan. Tubuh bagian vertikal dan sekitar sirip dada ikan bawal air tawar muda berwarna merah. Warna merah ini akan memudar seiring dengan pertambahan umur dan

perkembangan fisik. Warna merah ini merupakan ciri khusus ikan bawal air tawar (Arie 2000).

Kepala ikan bawal berukuran kecil dengan mulut terletak di ujung kepala dan agak sedikit ke atas. Matanya kecil dengan lingkaran berbentuk cincin. Rahangnya pendek dan kuat serta memiliki gigi seri yang tajam. Karena itu ikan bawal dapat menggunakan gigi serinya yang tajam untuk memotong berbagai makanan dalam ukuran besar, misal dedaunan. Giginya yang tajam ini juga dapat digunakan untuk memotong kayu dan bambu yang sudah lapuk dalam air (Kordi 2011).

Menurut Arie (2000), struktur morfologi ikan bawal air tawar jantan dan betina berbeda. Ikan jantan memiliki bentuk tubuh lebih langsing, pendek, sedangkan ikan bawal betina tubuh lebih gemuk dan panjang. Warna merah pada perut untuk jantan tidak menyala sedangkan untuk betina menyala. Gonad jantan siap memijah bila distriping atau diurut akan keluar cairan putih atau sperma sedangkan untuk betina gonad berwarna merah dan perut gendut. Ikan bawal air tawar memiliki rasa daging dan kandungan gizi tidak kalah dengan bawal air laut, harganya tidak mahal dan bisa dijangkau oleh lapisan masyarakat. Ikan ini juga dapat dijadikan sebagai ikan hias karena memiliki tubuh pipih seperti ikan discus dan dapat dijadikan sebagai ikan konsumsi karena memiliki pertumbuhan yang cepat serta mencapai ukuran 500 gram dalam waktu enam bulan. Selain pertumbuhan yang cepat juga pemeliharaannya tidak rumit dan tingkat kelangungan hidup tinggi mencapai 90 persen lebih besar dari lele dan ikan mas yang hanya 80 persen.

2.1.2 Habitat

Habitat hidup bawal air tawar adalah sungai, banyak ditemukan di Sungai Amazon, Brazil dan Sungai Orinoco, Venezuela. Hidupnya bergerombol di

daerah yang aliran sungainya deras, namun dapat ditemukan pula di daerah yang airnya tenang, terutama saat berupa benih. Ikan ini dapat hidup dengan baik pada ketinggian 100-800 meter di atas permukaan laut dengan suhu air 25-30 °C (Kordi 2011).

Menurut Rizkiyani (2012), sama seperti ikan lain ikan bawal pun butuh lingkungan yang baik dan sesuai dengan habitatnya, ikan bawal dapat hidup dengan baik pada ketinggian maksimal 800 meter dpl dengan kisaran suhu 25-30 'c, dengan jenis tanah berupa tanah liat yang kondisinya subur sehingga dapat membuat ikan bawal berkembang dengan baik.

Ikan bawal telah berkembang dan menyebar dari kawasan Amerika Selatan sampai Asia Tenggara. Ikan bawal termasuk jenis ikan air tawar yang mudah beradaptasi dengan perubahan lingkungan. ikan bawal mudah menyesuaikan diri dengan lingkungan perairan tenang maupun mengalir. Ikan bawal juga mudah dibiasakan hidup di perairan yang airnya mengalir deras (Djarajah, 2001).

2.1.3 Kebiasaan Makan

Setiap ikan mempunyai kebiasaan makan yang berbeda. Ada tiga golongan ikan berdasarkan kebiasaan makan yaitu ikan yang biasanya makan di dasar perairan, di tengah dan di permukaan. Apabila dilihat dari jenis makanannya, ikan digolongkan dalam tiga golongan pula yaitu, herbivora, karnivora dan omnivora. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan bawal tergolong omnivora. Meskipun tergolong omnivora, ternyata pada stadia larva bawal bersifat karnivora (Supriyanto, 2012).

Bawal air tawar termasuk ke dalam kelompok ikan pemakan segala (omnivora), tetapi ada pula yang menyebutkan bahwa ikan ini cenderung menjadi karnivora (pemakan daging). Hal tersebut terlihat dari bentuk gigi yang tajam.

Ketika masih kecil, ikan ini menyukai makanan sejenis Plankton (fitoplankton dan zooplankton) serta tumbuhan air atau dedaunan (herbivore). Namun setelah dewasa, selain pakan jenis tadi (Plankton, dedaunan), ikan ini juga memangsa hewan seperti ikan kecil, udang kecil, atau serangga air. Apabila dibudidayakan di kolam, bawal air tawar dapat diberi pakan alami dan pakan tambahan berupa pakan buatan seperti pelet (Rizkiyani, 2012).

2.1.4 Reproduksi Ikan Bawal Air Tawar (*Colossoma macropomum*)

Perkawinan antara induk yang telah matang gonad memiliki perbandingan 2:1, yaitu 2 jantan dan 1 betina. Ikan bawal air tawar di Indonesia sudah dapat dipijahkan setelah berumur 4 tahun dengan berat rata-rata 4 kilogram untuk betina dan tiga tahun untuk jantan dengan berat rata-rata 3 kilogram. Satu ekor induk betina dapat menghasilkan 500.000 butir telur (Arie, 2000 dalam Surahmat, 2009).

Ikan bawal air tawar di alam biasanya memijah pada bulan November, maka untuk merangsang ikan bawal supaya memijah dilakukan dengan rangsangan hormon (*Induced breeding*). Kelebihan dari *Induced breeding* adalah pemijahan lebih terkontrol saat pembuahan dibandingkan cara alami. Penyuntikan ikan bawal air tawar menggunakan Ovaprim dengan dosis untuk betina 0,75 ml per kilogram, sedangkan untuk jantan 0,5 ml. Perkawinan antara induk yang telah matang gonad memiliki perbandingan 2:1, yaitu 2 jantan dan 1 betina. Ikan bawal air tawar di Indonesia sudah dapat dipijahkan setelah berumur 4 tahun dengan berat rata-rata 4 kilogram untuk betina dan tiga tahun untuk jantan dengan berat rata-rata 3 kilogram. Satu ekor induk betina dapat menghasilkan 500.000 butir telur (Arie, 2000).

2.2 Biologi Tanaman Anting-anting (*Acalypha indica* L.)

2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi

Berikut klasifikasi tanaman anting-anting (Gambar 2) menurut Ampaisa (2011),

- Sub divisi : *Angiospermae*
- Divisi : *Spermatophyta*
- Class : *Dicotyledoneae*
- Ordo : *Euphorbiales*
- Famili : *Euphorbiaceae*
- Genus : *Acalypha*
- Spesies : *Acalypha indica* L.

Anting-anting merupakan tumbuhan herbal semusim, tegak dan berambut. Batang tinggi 30-50 cm. bercabang, dengan garis memanjang kasar. Tumbuh di pinggir jalan, lapangan rumput, lereng gunung. Daun letak berseling bentuk bulat lonjong sampai lanset, bagian ujung dan pangkal daun lancip, tepi bergerigi, panjang 2,5-8 cm, lebar 1,5-3,5 cm. Bunga berkelamin tunggal dan berumah satu, keluar dari ketiak daun, bunganya kecil-kecil dalam rangkaian berupa malai. Dalam satu tangkai terdiri dari 5-7 bunga. Buahnya kecil, Akar dari tanaman ini sangat disukai anjing dan kucing (Dalimartha, 2000).



Gambar 2. Tanaman Anting-anting (Anonymous, 2014)

Menurut Suryanti (2014), dalam satu tangkai terdiri dari 5-7 bunga. Buahnya kecil, akar dari tumbuhan ini sangat disukai kucing sehingga disebut

juga tumbuhan kucing-kucingan. Tumbuhan Anting-anting dibagikan daerah Indonesia memiliki warna yang berbeda-beda, misalnya Sumatera disebut ceka mas, di Jawa disebut rumput bolong-bolong, telantang atau rumput kekosongan dan kucing-kucingan.

2.2.2 Kandungan Kimia Tanaman Anting-anting

Kandungan kimia tanaman anting-anting adalah acalypine, glikosida, inositol metileneter, triacetomamine dan minyak atsiri (Azmahani, dkk, 2002).

Menurut Suryanti (2014) menyebutkan bahwa daun tanaman anting-anting (*Acalypha indica* L.) mengandung saponin, tannin, flavonoid, *acalypine*, dan minyak atsiri, sedangkan Wei-Feng *et.,al.* (1994), menyebutkan adanya senyawa alkaloid, amida, glukosida dan sterol.

Menurut Ocktarini (2010), Kandungan kimia tanaman anting-anting yaitu fiber, asam askorbat, β -sitosterol, β -D-glucoside, tanin dan kaempferol.

2.2.3 Senyawa Aktif pada Tanaman Anting-anting

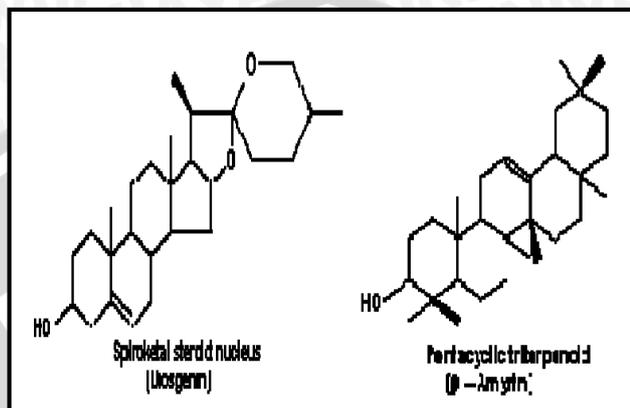
Menurut Suryanti (2014), menyebutkan bahwa daun tanaman anting-anting (*Acalypha indica* L.) mengandung saponin, tannin, flavonoid, *acalypine*, dan minyak atsiri.

Wei-Feng *et.,al.* (1994), menyebutkan adanya senyawa alkaloid, amida, glukosida dan sterol.

Fungsi metabolit sekunder pada tanaman anting-anting adalah saponin yang berasal dari bahasa latin yang memiliki arti sabun. Saponin merupakan senyawa aktif bersifat emulgator yang dapat membuat emulsi. Jika dikocok dalam air dapat menimbulkan busa dan pada konsentrasi rendah dapat menyebabkan hemolisis sel darah merah. Saponin bersama-sama dengan substansi sekunder tumbuhan lain berperan sebagai pertahanan diri dari

serangan insekta atau nyamuk karena nyamuk yang mengkonsumsi saponin akan menurunkan enzim pencernaan dan penyerapan makanan (Suryanti, 2014).

Struktur senyawa kimia tanaman anting-anting dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



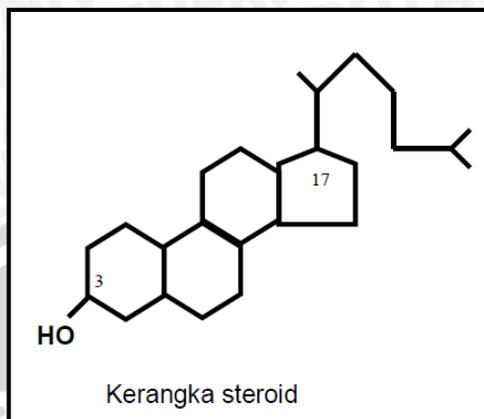
Gambar 3. Struktur Kimia Saponin (Herlt *et al.*, 2002)

Saponin adalah zat yang apabila dikocok dengan air maka akan mengeluarkan buih dan bila dihidrolisis akan menghasilkan gula dan sapogenin. Sifat sapogenin ialah dapat menghemolisis darah, mengikat kolesterol, dan toksin pada hewan berdarah dingin (Mulyana, 2002).

Saponin bersifat racun bagi hewan berdarah dingin dan banyak diantaranya digunakan sebagai racun ikan. Saponin yang bersifat keras atau racun biasa disebut sebagai Sapotoksin (Anonymous, 2014)

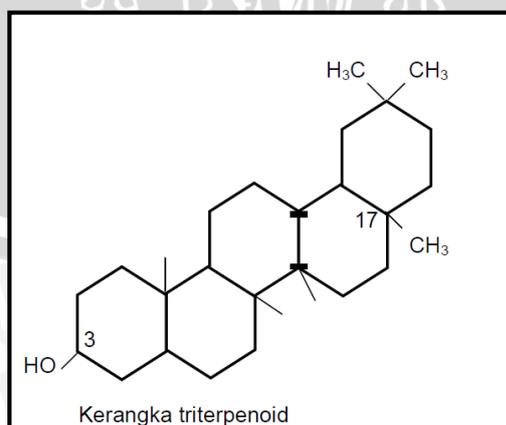
Menurut Tahe (2008), secara kimiawi bentuk struktur glikosida jantung sangat mirip dengan asam empedu yaitu bagian gula yang menempel pada posisi tiga dari inti steroid dan bagian aglikonnya berupa steroid. Glikosida steroid adalah glikosida yang aglikonnya berupa steroid netral. Glikosida steroid disebut juga glikosida jantung karena memiliki daya kerja kuat dan spesifik terhadap otot jantung. Saponin jenis ini memiliki aglikon berupa steroid yang diperoleh dari metabolisme tumbuhan. Jembatan ini juga sering disebut dengan glikosida jantung, hal ini karena memiliki efek kuat terhadap jantung. Jadi glikosida steroid

ini bekerja dengan cara mengendalikan kerja jantung. Struktur senyawa kimia glikosida steroid tanaman anting-anting dapat dilihat pada Gambar 3(a).



Gambar 3(a). Struktur Dasar Steroid (Herlt *et al.*,2002).

Menurut Hertz *et al.*,(2002), Saponin yang bersifat asam adalah saponin dari triterpenoid. Biosintesa saponin triterpenoid kurang diketahui bila dibandingkan dengan saponin steroid tetapi dapat dikatakan bahwa keduanya mempunyai tidak tolak yang sama yaitu yang berasal dari asetat dan mevalonat. Saponin jenis ini memiliki komponen aglikon berupa triterpen yang memiliki atom C sebanyak 30. Triterpenoid yang terbentuk dari aglikon ini merupakan senyawa bebas yang bisa berikatan dengan senyawa yang ada pada saraf pusat ikan. Struktur senyawa kimia glikosida triterpenoid tanaman anting-anting dapat dilihat pada Gambar 3(b).



Gambar 3(b). Struktur Dasar Triterpenoid (Herlt *et al.*,2002).

2.2.4 Manfaat Tanaman Anting-anting

Menurut Marfudin (2014) tanaman anting-anting biasa digunakan sebagai tanaman obat yang dapat mengobati disentri basiler dan amuba, diare, gangguan pencernaan, muntah darah, mimisan, berak darah, kencing darah serta malaria.

Anting-anting dikenal memiliki efek penyejuk (astringen), antiradang, antibiotik, peluruh air seni, menghentikan perdarahan (hemostatik). Selain itu Anting-anting sering digunakan sebagai pengobatan disentri basiler dan disentri amuba, malnutrisi, mimisan, muntah darah, berak darah, kencing darah, dan malaria (Ocktarini, 2010).

Menurut Suryanti (2014), menyebutkan bahwa daun tanaman anting-anting (*Acalypha indica* L.) mengandung saponin, tannin, flavonoid, acalyphine, dan minyak atsiri.

Saponin adalah suatu glikosida alamiah yang terikat dengan steroid atau triterpena. Saponin mempunyai aktifitas farmakologi yang cukup luas diantaranya meliputi: immunomodulator, anti tumor, anti inflamasi, antivirus, anti jamur, dapat membunuh kerang-kerangan, hipoglikemik, dan efek hypokholesterol. Saponin juga mempunyai sifat bermacam-macam, misalnya: terasa manis, ada yang pahit, dapat berbentuk buih, dapat menstabilkan emulsi, dapat menyebabkan hemolisis. Dalam pemakaiannya saponin bisa dipakai untuk banyak keperluan, misalnya dipakai untuk membuat minuman beralkohol, dalam industri pakaian, kosmetik, membuat obat-obatan, dan dipakai sebagai obat tradisional. Biarpun saponin bisa diisolasi dari binatang tingkat rendah, sebenarnya saponin ditemukan terutama dalam tumbuh-tumbuhan (Anonymous, 2014).

Saponin merupakan salah satu metabolit sekunder yang mempunyai aktivitas biologi, diantaranya bersifat racun bagi hewan berdarah dingin termasuk golongan serangga. Oleh karena itu, saponin jenis lama ini berpotensi untuk digunakan sebagai pembasmi hama tertentu. Saponin diduga mengandung

bagian yang bersifat hormonal dari golongan steroid yang mempengaruhi dalam pertumbuhan larva nyamuk (Aminah *et al.*,2001).

Saponin yang bersifat keras atau racun biasa disebut sebagai *Sapotoksin*. Kematian pada ikan, mungkin disebabkan oleh gangguan pernafasan. Ikan yang mati karena racun saponin, tidak toksik untuk manusia bila dimakan. Tidak toksiknya untuk manusia dapat diketahui dari minuman seperti bir yang busanya disebabkan oleh saponin (Septiarusli *et al.*, 2012).

2.2.5 Hubungan Anestesi Dengan Sistem Saraf

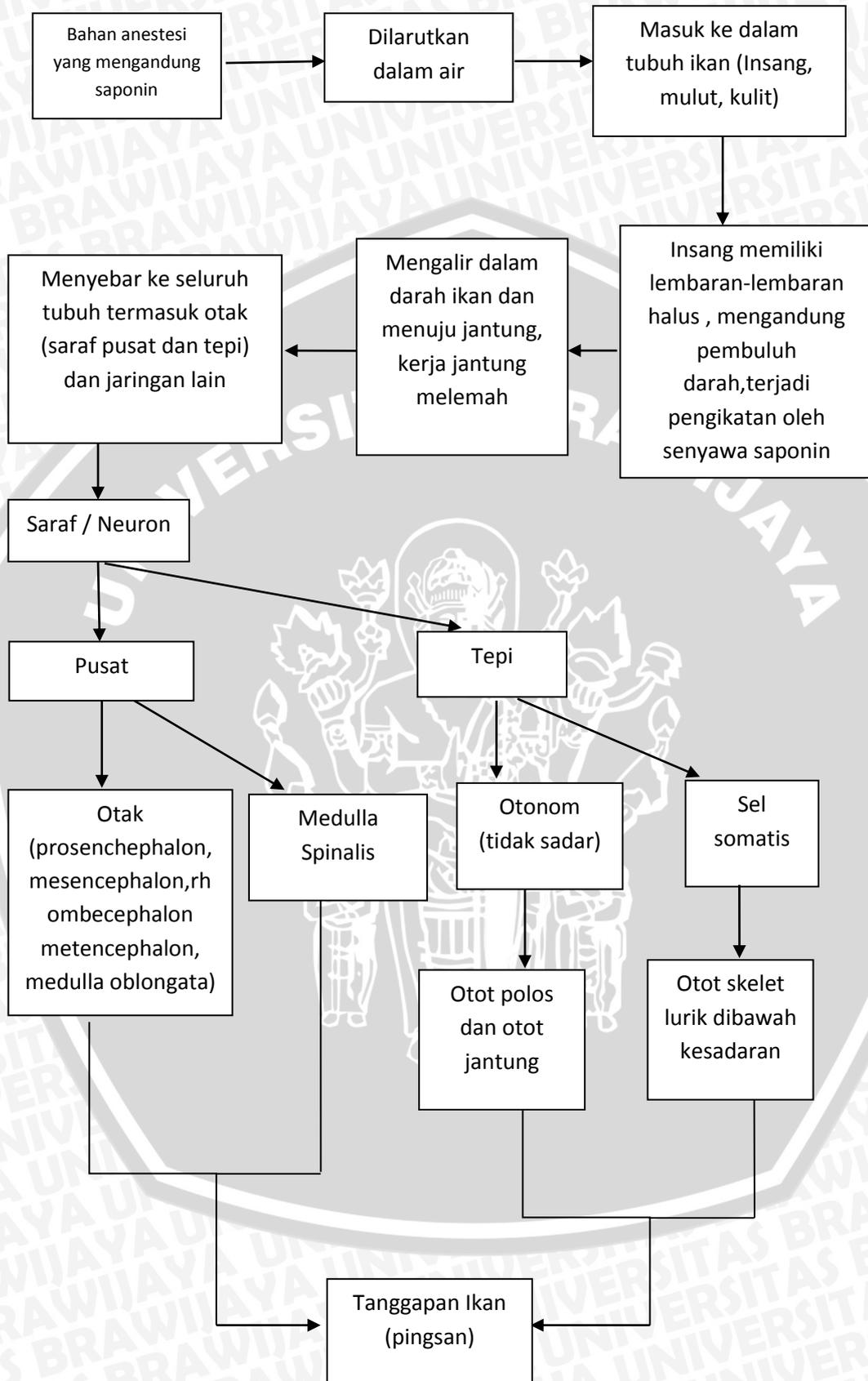
Senyawa saponin (kardiak glikosid) mempengaruhi sistem saraf. Kardiak glikosid (kardinolid) diduga berperan penting dalam sitotoksik sistem saraf sehingga mengganggu transmisi rangsang saraf melalui penghambatan enzim N^+-K^+ -ATPase pada tingkat intraseluler. penghambatan kerja enzim N^+-K^+ -ATPase tingkat intra seluler, sehingga terjadi gangguan transmisi rangsang pada sistem saraf dan menurunkan koordinasi otot (Zanaria, *et al.*, 2012).

Menurut Wright dan Hall (2000), pembiusan ikan meliputi tiga tahap, yaitu:

1. Berpindahnya bahan pembius dari lingkungan ke dalam muara pernafasan organisme.
2. Difusi membran dalam tubuh yang menyebabkan terjadinya penyerapan bahan pembius ke dalam darah
3. Sirkulasi darah dan difusi jaringan menyebarkan substansi ke seluruh tubuh.

Kecepatan distribusi dan penyerapan oleh sel beragam, tergantung pada ketersediaan darah dalam kandungan lemak pada setiap jaringan.

Berdasarkan pernyataan tersebut, skematik cara kerja bahan anestesi dalam mempengaruhi anestesi ikan dapat digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skematik Cara Kerja Bahan Anestesi dalam Mempengaruhi Anestesi Ikan (Wright dan Hall, 2000).

2.3 Anestesi

Menurut Utama (2010), istilah 'anestesi' berasal dari Bahasa Yunani *an* yang artinya tidak, dan *aisthesis* yang artinya perasaan. Secara umum anestesi berarti kehilangan kesadaran atau sensasi. Walaupun demikian, istilah ini terutama digunakan untuk kehilangan perasaan nyeri yang diinduksi untuk memungkinkan dilakukannya pembedahan atau prosedur lain yang menimbulkan rasa nyeri.

Obat bius adalah senyawa kimia yang dapat menyebabkan hilangnya seluruh atau sebagian rasa sebagai akibat dari penurunan fungsi sel. Dalam transportasi ikan harus dilakukan secara hati-hati, karena kesalahan dalam penanganan dapat menyebabkan kematian yang dapat menimbulkan kerugian baik tenaga, waktu maupun biaya. Untuk kepentingan hal tersebut, maka faktor-faktor seperti spesies ikan, umur, ukuran, daya tahan, lama pengangkutan, dan kondisi iklim perlu diperhatikan (Tahe, 2008).

Salah satu cara menekan metabolisme dan aktivitas ikan selama transportasi adalah menambahkan bahan anestesi kedalam media pengangkutan. Salah satu obat bius yang biasa digunakan untuk mengurangi stres dan kematian pada transportasi ikan hidup adalah *tricaine methansulfonate* (MS-222) (Yanto, 2012).

Menurut Wibowo (1993), dalam praktek di lapangan sering digunakan bahan kimia tertentu untuk transportasi ikan hidup. Bahan-bahan tersebut adalah obat penenang yang digunakan untuk mengurangi aktivitas ikan sehingga proses metabolisme dan konsumsi oksigen lebih rendah. Dengan cara tersebut diharapkan kapasitas angkut meningkat dan jarak angkut lebih panjang.

Anestesi diperlukan untuk ikan dalam sistem transportasi, kegiatan penelitian, diagnosa penyakit, penandaan ikan pada bagian kulit atau insang, pengambilan sampel darah dan proses pembedahan. Pada kegiatan penelitian, anestesi bertujuan untuk menurunkan seluruh aktivitas ikan terutama untuk jenis

ikan dari kelompok elasmobranchi (hiu atau pari) karena disamping faktor keamanan juga dapat mengurangi stres, luka akibat suntikan dan penurunan metabolisme (Gunn, 2001).

Anestesi menurut Mckelvey dan Hollingshead (2003) ada 4 tahapan, tahap pertama atau sering disebut stadium analgesia, hewan masih sadar tetapi disorientasi dan menunjukkan sensitivitas terhadap rasa sakit berkurang, respirasi dan denyut jantung normal atau meningkat, semua reflek masih ada, hewan masih bangun dan dapat juga urinasi, defekasi. Tahap kedua yaitu kesadaran mulai hilang namun refleks masih ada, pupil membesar (dilatasi) tetapi akan menyempit (konstriksi) ketika ada cahaya masuk. Tahap kedua atau stadium eksitasi berakhir ketika hewan menunjukkan tanda-tanda otot relaksasi, respirasi menurun dan refleks juga menurun. Tahap ketiga atau stadium anestesi, pada stadium ini biasanya dilakukan operasi. Hewan kehilangan kesadaran, pupil mengalami konstriksi dan tidak merespon cahaya yang masuk, refleks hilang (refleks palpebrae). Tahap keempat adalah pernafasan dan jantung terhenti, dan hewan mati. Indikator tahapan anestesi antara lain aktivitas refleks (refleks palpebrae, pedal refleks, cornea refleks, refleks laring, refleks menelan), relaksasi otot, posisi mata dan ukuran pupil, sekresi saliva dan air mata, respirasi dan denyut jantung. Tanaman anting-anting mengandung senyawa saponin, terpen, alkaloid, triterpenoid, fenolik dan tanin. Diduga sebagian besar khasiat bus dalam tanaman anting-anting berasal dari saponin dalam tanaman tersebut. Oleh sebab itu senyawa saponin digunakan sebagai racun untuk ikan. Saponin mempunyai aktivitas biologi yang beragam. Jadi, saponin digunakan sebagai suatu teknik pengangkutan yang aman,nyaman dan alami, seperti menggunakan metode transportasi dengan ikan yang dianestesi.

Menurut Bowser (2001) Tahapan anestesi ikan (Tabel 1) adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Tahapan Anestesi Ikan (Bowser, 2001)

Tahapan	Deskripsi	Gejala
0	Normal	Kesadaran ada; <i>opercular rate</i> dan otot normal
1	Awal Sesasi	Mulai kehilangan kesadaran; <i>opercular rate</i> sedikit menurun; keseimbangan normal
2	Sedasi total	Kehilangan kesadaran total; penurunan <i>opercular rate</i> ; keseimbangan menurun
3	Kehilangan sebagian keseimbangan	Sebagian Otot mulai relaksasi; berenang tidak teratur; peningkatan <i>opercular rate</i> ; bereaksi hanya ketika ada <i>tactile</i> yang kuat dan rangsangan getaran
4	Kehilangan keseimbangan total	Kehilangan keseimbangan dan otot secara total; lambat tetapi teratur <i>opercular rate</i> ; kehilangan refleks spinal
5	Kehilangan refleks	Kehilangan kesadaran total; <i>opercular</i> lambat dan tidak teratur; denyut jantung sangat lambat; kehilangan refleks
6	Medulla kolaps (stadium <i>asphyxia</i>)	<i>Opercular</i> berhenti bergerak; jantung menahan biasanya diikuti dengan gerakan cepat.

Ikan dapat menyerap bahan anestesi melalui jaringan otot, saluran pencernaan dengan cara injeksi atau melalui insang. Anestesi melalui insang adalah cara ideal terutama untuk jenis ikan kelompok kecil elasmobranchi dan sebagian besar kelompok teleostei karena bahan anestesi yang digunakan dapat dikontrol dan stres dapat diminimalkan (Gunn, 2001).

Proses pulih sadar adalah kebalikan dari proses pembiusan. Pada saat proses penyadaran, air yang mengandung cukup oksigen terlarut akan masuk

melalui insang ke dalam aliran darah dan akan membersihkan sisa-sisa bahan anestesi di dalam tubuh ikan dan mengeluarkannya melalui saluran pembuangan (Pramono, 2002).

2.4 Macam – macam Metode Pengangkutan Ikan Hidup

Transportasi ikan hidup adalah suatu tindakan memindahkan ikan dalam keadaan hidup yang di dalamnya diberikan tindakan-tindakan untuk menjaga agar derajat kelulusan hidup ikan tetap tinggi setelah sampai ditujuan. Dalam hal ini terdapat fungsi derajat kelulusan hidup ikan dan jarak. Semakin jauh jarak yang ditempuh berarti dituntut teknologi yang mampu mempertahankan ikan tetap hidup dalam waktu lama (Utomo, *et.al.*, 2011). Diantaranya adalah dengan menurunkan metabolisme ikan.

Pada dasarnya, ada dua metode transportasi ikan hidup, yaitu dengan menggunakan air sebagai media atau sistem basah, dan media tanpa air atau sistem kering. Menurut Pramono (2002), transportasi sistem basah terbagi menjadi dua, yaitu:

- Sistem Terbuka

Pada sistem ini ikan diangkut dalam wadah terbuka atau tertutup tetapi secara terus-menerus diberikan aerasi untuk mencukupi kebutuhan oksigen selama pengangkutan. Biasanya sistem ini hanya dilakukan dalam waktu pengangkutan yang tidak lama. Berat ikan yang aman diangkut dalam sistem ini tergantung dari efisiensi sistem aerasi, lama pengangkutan, suhu air, ukuran, serta spesies ikan.

- Sistem Tertutup

Dengan cara ini ikan diangkut wadah tertutup dengan suplai oksigen secara terbatas yang telah diperhitungkan sesuai kebutuhan selama

pengangkutan. Wadah dapat berupa kantong plastik atau kemasan lain yang tertutup.

Selain pengangkutan sistem terbuka dan sistem tertutup terdapat juga pengangkutan dengan sistem kering dimana pengangkutan dilakukan tanpa menggunakan media air, hal ini sesuai dengan pernyataan Rinto (2012), bahwa pada transportasi sistem kering, media angkut yang digunakan adalah bukan air. Hanya beberapa jenis ikan seperti Ikan Mas (*Cyprinus carpio*), Ikan Lele (*Clarias gariepinus*), ikan Gurame (*Ospronemus goramy*) dan Ikan Gabus (*Channa striata*) yang bisa dilakukan pengiriman dengan sistem kering karena tergantung dari ketahanan hidup ikan saat berada di luar air. Pada prinsipnya, pengangkutan ikan hidup bertujuan untuk mempertahankan kehidupan ikan selama dalam pengangkutan sampai ke tempat tujuan.

2.5 Kualitas Air

2.5.1 Suhu

Suhu air merupakan kunci variabel kualitas air dalam budidaya karena suhu air berpengaruh terhadap variabel-variabel kualitas air lainnya, menentukan musim perkembangbiakan dan menentukan spesies apa yang hidup dan berkembang di lokasi tertentu. Suhu juga mempengaruhi kemunculan dan perkembangan penyakit infeksi dan mempengaruhi fungsi imun hewan. Panas di permukaan jauh lebih cepat dibandingkan di lapisan yang lebih dalam, yang bisa menyebabkan stratifikasi suhu. Stratifikasi suhu dapat menyebabkan ikan terganggu karena perubahan mendadak pada lingkungannya. Desain kolam yang dangkal dan airasi dapat menekan masalah stratifikasi (Inaq, 2011).

Menurut Kordi (2010), suhu perairan yang optimal bagi perkembangan ikan bawal air tawar antara 25-30°C, dengan kadar oksigen terlarut 3-6 ppm, pH 6,5-8,5.

Suhu air dapat mempengaruhi kehidupan biota air secara tidak langsung, yaitu melalui pengaruhnya terhadap kelarutan oksigen dalam air. Semakin tinggi suhu air, semakin rendah daya larut oksigen di dalam air, dan sebaliknya. Selain itu, kegiatan bakteri nitrifikasi, yaitu *Nitrobacter* dan *Nitrosomonas* juga dipengaruhi suhu. *Nitrosomonas* memiliki toleransi yang lebih besar terhadap suhu dibandingkan *Nitrobacter*, sehingga pada saat suhu air tambah rendah kegiatan pembentukan nitrat dari nitrit akan berkurang, sedangkan produksi nitrat dari amoniak tidak banyak berpengaruh (Kordi dan Andi, 2007).

Menurut Effendi (2003), suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan (*altitude*), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, biologi, kimia badan air. Suhu juga sangat berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu (batas atas dan bawah) yang disukai bagi pertumbuhannya. Peningkatan suhu menyebabkan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air, dan selanjutnya menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen.

2.5.2 pH

Menurut Boyd (1999), pH adalah logaritma negatif dari aktivitas ion hidrogen.. Skala pH ditunjukkan pada kisaran 0-14, Nilai pH perairan pada umumnya adalah 6,5-9. Pada pH asam dan basa toleran untuk kematian ikan adalah di bawah 4 dan di atas 11. Namun jika air lebih asam daripada pH 6,5 atau lebih basa dari 9-9,5 dalam waktu tertentu perkembangan dan pertumbuhan ikan akan berkurang. Permasalah yang umum mengenai pH tidak hanya terjadi pada kolam ikan. Pada area tambang sifat asam mungkin akan terlihat lebih asam daripada di danau dan sungai.

pH sangat penting sebagai parameter kualitas air karena ia mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan di dalam air. Selain itu ikan dan mahluk-mahluk akuatik lainnya hidup pada selang pH tertentu, sehingga dengan diketahuinya nilai pH maka kita akan tahu apakah air tersebut sesuai atau tidak untuk menunjang kehidupan mereka. Fluktuasi pH air sangat di tentukan oleh alkalinitas air tersebut. Apabila alkalinitasnya tinggi maka air tersebut akan mudah mengembalikan pH-nya ke nilai semula, dari setiap "gangguan" terhadap perubahan pH. Dengan demikian kunci dari penurunan pH terletak pada penanganan alkalinitas dan tingkat kesadahan air. Apabila hal ini telah dikuasai maka penurunan pH akan lebih mudah dilakukan (Dikrurahman *et al.*, 2009).

Menurut Effendi (2003), sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah. Toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah. pH juga mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Senyawa ammonium yang dapat terionisasi banyak ditemukan pada perairan yang memiliki pH rendah. Amonium bersifat tidak toksik (*innocuous*). Namun, pada suasana alkalis (pH tinggi) lebih banyak ditemukan amoniak yang tak terionisasi (*anionized*) dan bersifat toksik.

2.5.3 DO (Oksigen Terlarut)

Oksigen merupakan salah satu komponen utama dalam suatu perairan sekitar 20,95%. Oksigen larut dalam air. konsentrasi kelarutan oksigen tertinggi adalah pada suhu 0^o C, dan akan menurun terus dengan semakin bertambahnya suhu. Daya larut oksigen dalam perairan akan menurun dengan semakin tingginya salinitas, setiap 9000 mg/l kenaikan salinitas akan mengurangi kelarutan oksigen sebesar 5% dari air murni (Boyd, 1999).

Menurut Juniyanto *et al.*, (2008), Oksigen terlarut merupakan jumlah kadar oksigen didalam air yang terikat secara fusi didalam air. Parameter oksigen yang cocok untuk pembenihan bawal bintang berkisar antara 5-8 ppm.

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen = DO*) dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Salmin, 2005).

Kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi secara harian (*diurnal*) dan musiman, tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan (*turbulence*) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah (*effluent*) yang masuk ke badan air. Peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10%. Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (*anaerob*) (Effendi, 2003).