

II. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Widagdo (2012), penyebaran ikan gurame di kawasan Jawa, Kalimantan, Sumatra, Semenanjung Malaya, Thailand dan Indocina. Di alam liar ikan gurame hidup di telaga, rawa, danau, dan sungai yang memiliki aliran yang tidak deras. Ikan gurame bernafas dengan menggunakan insang dan labirin. Labirin adalah alat pernafasan cadangan bagi gurame sehingga gurame tersebut dapat mengambil udara langsung ke permukaan air. Hal ini yang menyebabkan ikan gurame dapat bertahan hidup di perairan yang miskin oksigen (misalnya di rawa – rawa). Selain itu, labirin seringkali dijadikan parameter kondisi perairan oleh para pembudidaya atau para petani ikan gurame. Karena semakin sering ikan – ikan gurame yang kita pelihara mengambil udara ke permukaan kolam, maka itu pertanda bahwa ada yang tidak beres dengan kondisi air. Kemungkinan tingkat polusinya yang sudah diambang batas yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas kondisi air tersebut sehingga perlu dilakukan penggantian air agar ikan – ikan gurame yang ada dikolam budidaya tidak mati.

A. Klasifikasi Ikan Gurame

Menurut Sitanggang dan Sarwono (2006), ikan gurame dapat diklasifikasikan sebagai berikut

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Super kelas : Vertebrata
Kelas : Pisces
Subkelas : Actinopterygii
Super Ordo : Perciformes
Ordo : Labyrinthici
Subordo : Anabantoidea
Famili : Osphronemidae
Genus : Osphronemus
Spesies : *Osphronemus gouramy, Lac.*

B. Morfologi Ikan Gurame

Tubuh ikan gurame dibagi menjadi tiga bagian, yaitu

1. Kepala (mulai dari ujung mulut sampai tutup insang)
2. Badan (mulai dari akhir tutup insang – pangkal sirip anal)
3. Ekor (mulai dari sirip anal sampai ujung ekor)

Menurut Widagdo (2012) dan Edi (2013), secara morfologi ikan gurame memiliki bentuk badan agak panjang, lebar, dan pipih kesamping. Sisik berukuran agak besar, membulat tidak penuh, tepian sisik agak kasar, terutama di bagian kepala, yang masih muda memiliki kepala berbentuk lancip, dahi rata, sedangkan dewasa kepalanya agak tumpul, khususnya jantan terdapat tonjolan di dahi.

Gurame muda memiliki 7 – 8 garis tegak berwarna hitam yang hilang saat dewasa. Tubuh gurame muda berwarna biru kehitaman, perut berwarna putih. Warna berubah saat dewasa menjadi hitam dan perut menjadi putih keperakan atau kekuning – kuningan dan punggung berwarna kecoklatan.

Mulut kecil, bibir bawah sedikit lebih maju dari bibir atas. Rahang atas dan bawah tidak rata. Gigi rahang bawah tumbuh kecil – kecil dan mengerucut. Deretan gigi luar lebih besar dibandingkan deretan gigi dalam. garis rusuk menyilang di bagian bawah sirip punggung garis lateral tunggal yang tidak terputus, sepasang sirip perut mengalami perubahan menjadi sepasang benang panjang sebagai alat peraba. Sirip membulat dan menempel di punggung, panjang sirip punggung dan sirip anal mencapai pangkal ekor. Panjang maksimum mencapai 70 cm dengan berat 10 kg.

C. Pakan Ikan Gurame

Gurame ialah ikan air tawar yang tergolong omnivora. Di alam, gurame memakan apa saja, mulai dari plankton, serangga atau tumbuhan berdaun lunak. Pada kolam budidaya, makanan yang diberikan pembudidaya ke ikan berbeda – beda. Hal ini tergantung ukuran dan usia ikan (Anonim,2012).

- Pakan larva gurame – ukuran kuku (1 – 2,5 cm)

Larva yang berumur 10 hari tidak diberi makan kerana pakan tersedia dari cadangan kuning telur di tubuhnya. Setelah 10 hari, pakan yang diberikan berupa fitoplankton (rotifera, infusoria, chlorella) dan

zooplankton (daphnia, cladocera, dan artemia). Selain itu, dapat diberikan pakan berupa adonan kuning telur, tepung kedelai, dan sagu direbus dengan sedikit air. Untuk larva gurame berumur 21 hari, pakan alami berupa cacing sutera diberikan hingga berumur 40 hari. Diharapkan larva mencapai ukuran kuku atau sekitar 1 – 2 cm (Anonim 2012).

- Pakan gurame ukuran kuku – silet (2,5 – 4 Cm)

Benih gurame berukuran kuku diberikan pakan alami berupa cacing sutera dan diberikan pakan buatan berupa pelet. Pelet dibuat dari tepung dengan kandungan protein 38 – 40%. Pakan buatan diberikan ke benih gurame hingga berusia 100 hari. Lalu, diberikan pelet ukuran 1 mm dengan kandungan protein 32 – 40% (Anonim 2012).

- Pakan gurame ukuran silet – bungkus rokok (4 – 6 cm)

Benih gurame ukuran silet, diberi pakan pelet ukuran 1 – 2 mm dengan protein 32 – 40%. Gurame usia 6 bulan hingga ukuran bungkus rokok (ukuran 3 – 4 jari), diberikan pakan tambahan berupa daun bertekstur lunak seperti daun talas muda, daun tanaman air (Azolla), daun keladi muda, daun pepaya muda, dan daun ketela muda. (Anonim 2012).

- Pakan gurame ukuran bungkus rokok – ukuran konsumsi dan induk
Gurame bungkus rokok – konsumsi (minimal berbobot 500 gram/ekor) diberikan pakan pelet ukuran 2 mm dengan kadar protein 27%. Pakan

alami (azolla, daun talas, daun singkong, daun pepaya) bisa diberikan. Namun, pakan induk gurame berbeda dengan pakan gurame untuk konsumsi. Menurut Risky, dkk (2011), induk yang diberi pakan daun – daunan berlebih, menghasilkan telur yang terurai dan tidak diselubungi selaput lemak. Pada kondisi ini, telur mudah dibuahi sperma gurame jantan. Jika induk gurame diberikan pakan berlemak, maka telur yang dihasilkan menjadi lengket karena diselubungi selaput lemak. Dengan kondisi ini, telur sulit dibuahi sehingga banyak telur mati.

D. Gambaran Umum Nutrisi Pakan Ikan

Gusrina (2008) mengatakan bahwa pada proses pembudidayaan, pembudidaya memberikan pakan alami dan pakan buatan. Pakan buatan yang diberikan ke ikan harus mengandung gizi yang sesuai kebutuhan ikan. Saat ini dengan meningkatnya ilmu pengetahuan & teknologi maka perkembangan pakan buatan sangat signifikan sehingga pabrik pakan buatan berlomba – lomba menyusun formulasi pakan yang sesuai kebutuhan gizi setiap ikan yang dibudidayakan masyarakat. Menurut Bambang (2001), kandungan nutrisi yang terdapat dipakan ikan yaitu:

1. Protein

Ikan tidak bisa membuat asam amino, sehingga ikan memperoleh asam amino dari makanannya atau bersimbiosis dengan bakteri yang dapat menghasilkan asam amino. Kebutuhan jenis dan kadar asam amino pada ikan berbeda – beda, tergantung komposisi protein di pakan, berat, usia dan spesies ikan. Ikan membutuhkan 10 asam amino dan 3

asam amino yang mutlak diperlukan ikan sejak menetas hingga akhir masa hidupnya yaitu lisin, methionin, dan triptophan. Asam amino ini disebut esensial karena asam amino ini tidak diproduksi di tubuh ikan.

2. Lemak

Pada proses metabolisme, lemak memberikan energi 2,25 kali lebih banyak dari karbohidrat. Karena lemak mengandung H₂ lebih banyak dari O₂. Menurut Bambang (2001), peranan lemak di tubuh ikan, di antaranya Sebagai sumber energi, pelarut vitamin (A, D, E dan K), sumber asam lemak esensial, fosfolifid, dan sterol.

3. Karbohidrat

Karbohidrat adalah senyawa organik yang mewakili 50 – 70 % berat kering pakan ikan. Menurut Bambang (2001), karbohidrat dibedakan menjadi 3 macam yaitu monosakarida, disakarida dan polisakarida. Bambang (2001) mengungkapkan bahwa karbohidrat yang diserap di dinding usus ikan dalam bentuk monosakarida yakni glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Hasil akhir pencernaan karbohidrat adalah glukosa. Glukosa adalah perwujudan zat makanan yang beredar dalam aliran darah di tubuh ikan dan glukosa digunakan untuk memperoleh energi.

4. Mineral

Menurut Bambang (2001) terdapat 15 mineral untuk perkembangan dan pertumbuhan ikan, Misalnya Ca dan Cl dibutuhkan dalam

pembentukan gigi, tulang dan kulit. Lalu Na, K, CL, P, dan bikarbonat berperan untuk memelihara homeostatis, misalnya peristiwa osmotik di tubuh ikan dan menjaga kestabilan pH optimal di seluruh tubuh.

Menurut Bambang (2001), ada 15 zat mineral yang peranannya sangat esensial di tubuh ikan yaitu Na, K, P, Ca, Cl, Mg, Fe, S, I, Mn, Cr, Co, molibdenum, selenium, dan Zn. Zat mineral ini mempunyai 5 fungsi penting di ikan yaitu mempertahankan tekanan osmotik selular, mempertahankan keasaman dari enzim pencernaan, mempertahankan kontraksi dari urat daging, terutama kontraksi jantung dan kontraksi di sistem saraf, Berhubungan dengan fungsi vitamin dalam pembentukan tulang dan kulit sebagai komponen dari suatu sistem enzim.

5. Vitamin

Vitamin berperan pada reaksi spesifik metabolisme, menjaga organ tubuh tetap normal, dan pertumbuhan. Kekurangan salah satu vitamin berakibatkan terhambatnya pertumbuhan dan kemunduran organ tubuh. Gejala defisiensi vitamin di ikan, yaitu nafsu makan turun, keseimbangan ikan hilang, pertumbuhan sirip abnormal, pembentukan lendir terhambat, hati berlemak, ikan mudah terserang penyakit dan terkena luka bakar akibat dari sinar matahari.

Menurut Bambang (2001), vitamin mudah rusak, karena sinar matahari, suhu panas, penyimpanan, tercampur mineral atau bahan

pakan lainnya. Vitamin larut air ialah vitamin B dan C. Vitamin larut lemak ialah vitamin A,D, E, dan K. Vitamin menjadi tidak stabil jika dicampur bahan yang mengandung mineral.

E. Penyakit Pada Ikan Gurame

Masalah utama pembudidaya ikan ialah penyakit. Penyakit yang dijumpai di gurame adalah bakteri, jamur, parasit, dan cacing. Bibit penyakit muncul akibat dari kolam kotor. Menurut Widagdo (2012), ada 8 penyakit, yang menyerang ikan di kolam. Hal itu dapat dijelaskan sebagai berikut

1. Penyakit Parasiter

Parasiter yaitu penyakit yang disebabkan organisme parasit. Menurut Rusito (2013), parasit ialah kelompok hewan atau tumbuhan yang hidup di tubuh, insang, atau lendir inangnya. Parasit memenuhi kebutuhannya dengan mengambil nutrisi di tubuh inangnya. Parasit memanfaatkan tubuh inangnya untuk tempat perlindungan dari predator. Menurut Rusito (2013) parasit di gurame berupa protozoa, cacing, bakteri, virus, dan jamur. Menurut Rusito (2013) berdasarkan area infeksinya parasit dibagi 2, yaitu ektoparasit dan endoparasit. Ektoparasit yaitu parasit yang hidup di bagian luar tubuh ikan. Endoparasit yaitu parasit yang hidup di organ tubuh ikan. Ciri ikan terkena penyakit parasiter ialah

• Parasit pada Kulit

Kulit ikan yang terinfeksi berwarna merah, dan kulit yang tidak terinfeksi menjadi pucat. Biasanya parasit menyerang kulit ikan bagian dada, perut dan pangkal sirip. Tubuh ikan sering mengeluarkan lendir.

- Parasit pada Insang

Tutup insang mengembang, lembaran insang menjadi pucat, kadang – kadang tampak semburat merah dan kelabu.

- Parasit pada Organ dalam

Perut ikan membengkak, sisik berdiri, kadang – kadang sebaliknya perut menjadi amat kurus. Ikan menjadi lemah dan mudah ditangkap.

2. Kutu Ikan (*Argulus indicus*)

Argulus indicus sejenis crustacea tingkat rendah dan ektoparasit di tubuh ikan. *Argulus indicus* berbentuk oval atau membulat dan berwarna kuning bening. Serangan *Argulus indicus* dengan menempel, menggigit tubuh ikan, akibatnya terjadi pendarahan. Penularan *Argulus indicus* melalui air dan kontak langsung dengan ikan sakit. *Argulus indicus* disebabkan kualitas air kolam buruk.

3. Cacing Ikan

Cacing ikan disebabkan *Dactylogyrus* sp dan *Gyrodactylus* sp. Cacing ikan akibat kualitas air buruk, kepadatan gurame di kolam terlalu tinggi, perubahan lingkungan mendadak, pemberian pakan kurang sehingga ikan kekurangan gizi dan menyebabkan penurunan sistem imun.

Dactylogyrus sp menyerang di insang ikan dan mengakibatkan gurame sering ke permukaan air, terkadang berbaring pada posisi insang terbuka.

Gejala awal penyerangan *Dactylogyrus* sp adalah nafsu makan ikan menurun. Jenis *Gyrodactylus* sp menyerang di bagian sirip gurame.

4. Mata Belo

Gejala penyakit mata belo yaitu ikan menjadi kurang aktif, nafsu makan berkurang dan ikan sering ke permukaan. Jika tidak dilakukan perawatan intensif dapat menyebabkan mata gurame menjadi membengkak dan akhirnya gurame menjadi buta, bahkan mengalami kematian.

5. Jamur

Ciri gurame terserang jamur yaitu adanya benang – benang berwarna krem seperti kapas di tubuh ikan. Jamur menyerang di kulit (tubuh) yang terluka. Jamur yang menyerang gurame yaitu *Saprolegnia sp* dan *Achyla*. Jamur ini menyebabkan ikan lemah karena kurang makan.

6. Carp Erythrodermatitis

Menurut Setiawan, dkk (2013) Carp Erythrodermatitis disebabkan bakteri *Aeromonas sp* dan *Pseudomonas sp*. Gejala awal yaitu terdapat luka yang mengeluarkan darah di tubuh ikan, perut membesar, lendir mencair, sisik mengelupas, dan muncul borok di tubuh ikan yang terinfeksi. Jika tidak dilakukan perawatan intensif dapat menyebabkan ikan menjadi lemah, mengambang di permukaan air dan akhirnya mengalami kematian.

7. White Spot (Bercak Putih)

Menurut Widagdo (2012), *White spot* disebabkan oleh parasit *Ichthyophthyrus sp*. Ciri gurame terinfeksi penyakit *white spot* adalah bercak – bercak putih di bagian kulit gurame. Gurame yang terkena

serangan *white spot* akan menggosok – gosokkan badannya di benda yang ada di lingkungan sekitarnya serta mulut ikan gurame tersebut terlihat kembang kempis seperti kekurangan oksigen.

8. Cacar Ikan

Menurut Rahman (2008), cacar ikan ialah penyakit yang menyerang gurame. Cacar ikan disebabkan bakteri *Pseudomonas sp.*, *Aeromonas sp.*, dan *Bacillus*. Menurut Rahman (2008) gurame dapat terkena tuberculosis disebabkan bakteri *Mycobacterium sp.* Menurut Supriyadi (2003) gejala dari infeksi *Mycobacterium sp* yaitu mata menonjol keluar, benjolan di tubuh, *white spot* di ginjal, hati, dan limpa. Jika penyakit ini tidak diobati, maka menyebabkan ikan mati dan menular ke ikan lainnya.

F. Gambaran Umum Sistem Imun Pada Ikan

Imun diartikan daya tahan terhadap infeksi mikroba. Dizaman moderen pengertian imun mencakup semua mekanisme fisiologis yang membantu mengenali benda asing, menetralkan, menyisihkan/memetabolisasi benda asing tanpa kerusakan di jaringan. Kemampuan imun mengidentifikasi dan menolak benda/partikel asing yang masuk ke tubuh disebabkan adanya sel limfosit. Sel limfosit bertugas untuk mengenali dan membedakan benda/partikel asing termasuk salah satu bagian dari tubuh atau bukan.

Kemampuan hewan memproteksi tubuh dari penyakit disebut imunitas. Berdasarkan sifatnya, imunologik dibagi 2 yaitu respon spesifik bersifat

khusus terhadap patogen penginduksinya, respon nonspesifik bersifat umum dan permanen di tubuh (Affandi dan Tang 2000).

Menurut Alifuddin (2002), ikan memiliki sel B dan sel T yang berperan dalam respon imunitas seluler dan humoral. Menurut Anderson, dkk (1984) respon humoral yaitu respon yang bersifat spesifik dan dilakukan antibodi, respon seluler pada ikan bersifat non spesifik dilakukan “cell mediated immunity”. Menurut Anderson, dkk (1984) komunikator dan amplikator dalam mekanisme pertahanan humoral dan seluler ikan dilakukan limfokin, interleukin, interferon, dan sitokin.

1. Sistem imunitas

Pertahanan tubuh non spesifik ikan terdiri atas pertahanan tubuh mekanik kimiawi dan seluler. Permukaan tubuh ikan dan insang diselubungi mukus. Mukus ditemukan di mukosa usus dan berfungsi untuk menangkap patogen secara mekanik. Patogen yang tertangkap dihancurkan lisosim dan enzim proteolitik. Menurut Malik (2011) mukus mengandung antibodi, aglutinin alamiah dan lisin yang mampu mengeliminir patogen.

Menurut Affandi dan Tang (2000) kulit dan sisik ikan berperan dalam perlindungan mekanik terhadap invasi patogen melalui proses hiperplasia sel – sel malphigi. Saat patogen masuk ke tubuh, menyebabkan reaksi peradangan di area masuknya patogen. Lalu, leukosit muncul di area itu, untuk memfagosit patogen. Perilaku leukosit ini, menjadi faktor penyebab terjadi pembengkakan di area tubuh ikan yang terinfeksi.

Sel leukosit yaitu alat pertahanan tubuh bersifat nonspesifik. Sel leukosit terdiri dari agranulosit dan granulosit. Agranulosit terdiri atas limfosit, monosit dan trombosit. Granulosit terdiri dari neutrofil, basofil, dan eosinofil. Jumlah leukosit tergantung jenis ikannya, misalnya leukosit di lele sebanyak $64,75 \times 10^3 \text{ sel/mm}^3$ lalu leukosit di *rainbow trout* sebanyak $2,9-7,8 \times 10^3 \text{ sel/mm}^3$ (Affandi dan Tang, 2000)

Komponen darah terkecil di ikan disebut trombosit. Trombosit tidak ada inti dan jumlahnya bervariasi, terutama saat ikan terluka, jumlahnya mengalami peningkatan. Menurut Affandi dan Tang (2000) granulosit ikan terdiri atas neutrofil dan eosinofil. Diameter neutrofil mencapai 9 - 13 mikrometer. Neutrofil bentuk bundar dengan sitoplasma dan mengandung granula. Menurut Affandi dan Tang (2000) jumlah neutrofil di darah ikan mencapai 6 - 8 % dari jumlah total leukosit.

Antibodi ialah respon humoral berperan dipertahanan tubuh spesifik di ikan. Immunoglobulin yaitu globulin yang terbentuk dari stimulasi antigen dan terdapat di plasma darah. Menurut Malik (2011) struktur dasar Immunoglobulin terdiri 2 rantai polipeptida (rantai L) yang saling terhubung ikatan disulfida dan mempunyai status pengikatan antigen.

Selain antibodi, Malik (2011) mengungkapkan bahwa di plasma darah terdapat substansi lain yang berperan dalam sistem immunitas pada ikan. Substansi tersebut adalah interperon, transferin, natural hemaglutini,

presipitin, lisosime dan protein C–reaktif. Substansi ini ialah faktor yang saling berkaitan dengan mekanisme pertahanan tubuh lainnya.

2. Mekanisme infeksi

Stress ialah terjadinya penurunan pertahanan tubuh ikan. Stress disebabkan kondisi lingkungan buruk sehingga tidak nyaman bagi kehidupan ikan. Kondisi lingkungan buruk disebabkan beberapa faktor diantaranya kekurangan O₂, peningkatan CO₂, pH yang ekstrim dan adanya patogen, seperti virus, bakteri, serangga, atau maluska parasit.

Patogen tidak menimbulkan penyakit di ikan, jika kondisi lingkungan normal. Interaksi patogen dan lingkungan menyebabkan timbul penyakit. Pada pembudidayaannya, lingkungan terbatas dengan kepadatan ikan dan pengolahan air yang tidak tepat menyebabkan keseimbangan lingkungan terganggu. Hal ini berakibatkan ikan menjadi stress dan patogen berkembang menjadi patogen yang mematikan untuk ikan.

Menurut Malik (2011) berdasarkan letak serangannya, mikroorganisme patogen dibedakan 2 yaitu ektoparasit (seperti *Trichodina*, *Epistilis*, dan *Ichthyophthirius*) dan endoparasit (seperti *Oodinium*, *Capillaria* dan *Cryptobia*). Menurut Malik (2011) organisme patogen di ikan ialah organisme bakterial, mikotik, mikroorganisme viral. Organisme bakterial yaitu organisme patogen di ikan yang disebabkan bakteri, seperti *Vibrio spp* dan *Aeromonas*. Organisme mikotik yaitu organisme patogen di ikan

yang disebabkan jamur, seperti *Aphanomyces*, *Saprolegnia*, *Dyctyclus*. Mikroorganisme viral yaitu mikroorganisme patogen di ikan yang disebabkan virus. Penyakit viral jarang dijumpai di ikan, namun sering dijumpai di udang windu seperti MBV (*Monodon Baculo Virus*), HPV (*Hepatopancreatic Parvo Virus*) dan white spot.

Dialam, ikan berhubungan langsung dengan virus, bakteri atau protozoa yang berpotensi timbulnya infeksi. Langkah awal dari infeksi ditandai, adanya penetrasi dan invasi mikroorganisme patogen ke ikan. Masuknya patogen ke tubuh ikan dicapai melalui beberapa mekanisme yang tergantung pada jumlah mikroorganisme patogen, virulensi (kemampuan untuk menimbulkan penyakit) patogen, kondisi fisik dan fisiologis ikan.

Patogen dapat masuk ketubuh ikan melalui luka. Adanya luka, diikuti dengan infeksi sekunder oleh cendawan, misalnya *Saprolegnia sp.* (Affandi dan Tang,2000). Menurut Malik (2011), patogen masuk ke tubuh ikan melalui insang, misalnya protozoa jenis *costia* dapat masuk dan menyerang ginjal sehingga menyebabkan penyakit ginjal pada ikan.

3. Faktor – faktor yang mempengaruhi pembentukan respon imun

Faktor yang mempengaruhi respon kekebalan tubuh pada ikan adalah:

- Suhu

Ikan ialah hewan yang tergolong poikilothermik. Poikilothermik yaitu hewan yang suhu tubuhnya dipengaruhi suhu lingkungan. Sehingga

semua proses fisiologisnya yang terjadi di tubuh hewan poikilothermik dipengaruhi oleh kondisi suhu lingkungan hidupnya.

Menurut Malik (2011) mekanisme pertahanan tubuh bergantung pada suhu dan berkembang lebih cepat di suhu optimal. Menurut Firdaus (2004) suhu lingkungan tinggi tetapi dalam batas toleransi kehidupan, dapat mempercepat produksi antibodi dan meningkatkan reaksi antibodi bila diserang mikroorganisme patogen. Respon imun optimal ikan perairan hangat disuhu 20 – 30°C, ikan perairan dingin disuhu 10 – 15°C. Perubahan suhu perairan yang ekstrim berimplikasi ikan mudah terjangkiti penyakit. Selain itu, suhu rendah menyebabkan produk respon humoral dan selular berkurang dan suhu tinggi dapat menekan fungsi kekebalan tubuh (*immunosuppressive*) (Malik .2011)

- Hormon Kortisol

Turunan kekebalan tubuh disebabkan meningkatnya kortisol. Kortisol diproduksi sel interrenal pronphron pada ikan yang stres. Menurut Affandi dan Tang, (2000) saat stress, ikan mengeluarkan kortisol ke peredaran darah. Hal ini, salah satu upaya pemulihan diri dari stres. Menurut Malik (2011) tingginya kortisol pada ikan berdampak negatif bagi kesehatan ikan. Menurut Affandi dan Tang, (2000) peran kortisol sebagai *immunosuppresor*. Kortisol menekan terbentuknya kekebalan tubuh. Kondisi ini menyebabkan ikan mudah terinfeksi penyakit.

- Densitas (kerapatan)

Densitas ikan diperairan ikut mempengaruhi pembentukan respon imun. Menurut Malik (2011) densitas adalah salah satu contoh dari *immunosuppressor*. Ketika ikan berinteraksi sosial, biasanya ikan melepaskan senyawa feromon ke air. Tingginya konsentrasi feromon diperairan, dapat mempengaruhi pembentukan respon imun. sehingga ikan di populasi dengan densitas tinggi akan mudah tertular penyakit.

- Kondisi Stress

Stress dapat mempengaruhi kesehatan ikan. Stress disebabkan faktor biologis, kimiawi atau fisik. Imunodepresi berperan sebagai faktor sekunder yang berpengaruh terhadap respon organisme terhadap stress. Menurut Affandi dan Tang, (2000) saat stress, ikan bereaksi dengan mensekresi hormon stress (corticostreoid) yang berperan sebagai *immunosuppressive*. Menurut Malik (2011) hormon glukokortikoid dapat menghambat interleukin yang berperan dalam proses pematangan sel B menjadi sel plasma penghasil antibodi.

Respon stress diikuti penurunan limfosit di darah dan organ limfoid.

Respon (stress alarms) yang terjadi saat ikan stress, diantaranya adalah

- I. Peningkatan gula darah akibat sekresi hormon di kelenjar adrenalin.

Hal ini bertujuan untuk meningkatkan persediaan gula, (seperti glycogen) sehingga dapat dimetabolisme dan menghasilkan cadangan energi yang digunakan dalam keadaan darurat

- II. Osmoregulasi kacau akibat perubahan metabolisme mineral tubuh
- III. Pernafasan meningkat, tensi darah meningkat dan persediaan sel darah merah direlease ke sistem resirkulasi
- IV. Respon inflamasi ditekan oleh hormon dari kelenjar adrenalin.

Respon fisiologi diatas, menunjukkan kondisi stress berpengaruh pada respon kekebalan tubuh ikan, contoh pengaruh langsungnya ialah

- I. Stress mengakibatkan perubahan kimiawi dimukus yang berakibat penurunan efektifitas pertahanan kimiawi terhadap infeksi patogen.
- II. Handling stress menyebabkan mukus terlepas dari tubuh ikan, sehingga menurunkan kemampuan proteksi kimiawi, fungsi osmoregulasi dan menurunkan potensi pelumasan sehingga ikan memerlukan lebih banyak energi untuk berenang dan mengacaukan pertahanan fisik terhadap infeksi patogen.
- III. Chemical stress (pengobatan penyakit ikan) sering merusak mukus ikan. Hal ini menyebabkan hilangnya pertahanan kimiawi, fungsi osmoregulasi turun, fungsi pelumasan dan pertahanan fisik mukus.

- Polutan atau Adanya Logam Berat

Para pembudidaya ikan yang tinggal di dataran rendah, memperoleh air dari aliran sungai yang melewati pemukiman warga, area industri, pertanian dan perkebunan. Sebelum masuk ke kolam budidaya, air ini membawa limbah yang terkandung didalamnya. Limbah tersebut berupa padatan terlarut hasil pengikisan / erosi tanah permukaan akibat

pengelolaan lahan yang kurang baik atau dapat mengandung unsur kimia berbahaya bagi kehidupan ikan terutama logam berat.

Menurut Malik (2011), logam berat berbahaya bagi ikan antara lain Hg, Cd, Cu, Zn, Ni, Pb, Cr, Al dan Co. Toksisitas logam berat akan meningkat, saat ion – ion di air terdiri dari ion yang sinergik dan sifat toksisitas akan melemah, saat kandungan ion bersifat antagonistik.

Nilai pH air berpengaruh pada tingkat kelarutan ion logam. Tingkat kelarutan dan aktivitas ion logam akan meningkat pada pH air rendah.

Menurut Affandi dan Tang, (2000) kontaminasi ringan polutan atau zat logam berat dari lingkungan perairan akan dideposit induk ikan. Lalu tersimpan dalam minyak yang ada di telur. Akibat dari kontaminasi menyebabkan telur ikan menjadi mati. Menurut Affandi dan Tang, (2000) konsentrasi tertentu dari zat polutan atau zat logam berat dapat menjadi salah satu faktor pemicu stress pada ikan dan saat polutan terus mengalami peningkatan, mengakibatkan kematian pada ikan.

- Mikronutrien

Menurut Malik (2011) mikronutrien berperan sebagai zat antioksidan. Zat antioksidan yang dibutuhkan ikan meliputi vitamin C, E dan imunostimulan (glukan, liposakarida). Semua zat diatas adalah zat kimia yang meningkatkan daya tahan tubuh. Menurut Affandi dan Tang, (2000) ikan berstatus gizi baik, diberi vitamin C dosis tinggi,

ketahanan tubuh ikan akan meningkat. Sebab vitamin C berperan dalam sintesis protein, diperlukan dalam pembentukan respon imun dan biosintesis kolagen untuk mempercepat proses penyembuhan luka.

Vitamin C berfungsi untuk diferensiasi aktifitas limfoid organ (Affandi dan Tang.2000). Menurut Malik (2011) imunostimulan berpengaruh baik terhadap perkembangan kekebalan tubuh, jika diberikan didosis tepat dan berkelanjutan. Kandungan karotin di pakan menunjukkan pengaruh baik terhadap kesehatan ikan terutama ikan berpigmen.

- Immunomodulator

Immunomodulator yaitu bahan alamiah/sintetis yang membantu tubuh dalam meregulasi/menormalisasi sistem imunitas. Immunomodulator berperan membantu memperbaiki sistem imun yang rusak akibat serangan bibit penyakit dan menenangkan sistem imun tubuh yang over aktif. Sehingga immunomodulator direkomendasikan untuk pengobatan organisme yang terkena penyakit autoimun (Prabowo.2010).

Menurut Prabowo (2010) kerja immunomodulator dengan menstimulasi sistem pertahanan natural, misalnya mengaktifkan sitokin yang membantu tubuh dalam memperbaiki sistem imun. Golongan sterol dan sterolin berasal dari tumbuhan ialah immunomodulator yang baik. Jenis ini didapat disegala macam buah dan sayuran. Selain senyawa diatas, alternatif yang digunakan adalah senyawa golongan *adjuvant*.

Adjuvant ialah zat kimia yang apabila dicampur dengan antigen, akan meningkatkan efektifitas vaksin dan melipatgandakan produksi sel fungsional yang berperan di kekebalan nonspesifik. Peranan adjuvant sebagai zat yang memperlambat pelepasan antigen. Sehingga antigen bersinggungan lebih lama dengan sel makrofag dan limfosit. Hal ini, meningkatkan kualitas respon kekebalan spesifik yang dihasilkan.

4. Proses Pembentukan Respon Imun

Respon imun dibedakan atas respon yang bersifat spesifik dan non spesifik. Mekanisme kerja kedua respon melalui imun saling menunjang antara satu dengan lainnya melalui mediator seperti limfokin dan sitokin. Sistem pertahanan tubuh ini diperlukan untuk proteksi tubuh terhadap serangan patogen, seperti virus, bakteri, cendawan dan parasit.

Pembentukan respon imun terhadap patogen dilakukan sel limfosit. Sel limfosit berperan dalam pembentukan sel memori. Menurut Affandi dan Tang, (2000) pembentukan respon imun dimulai oleh stimulasi patogen yang merupakan protein asing dan dikenal sebagai antigen. Menurut Malik (2011) proses imunomodulasi melibatkan 2 mekanisme,

- Sistem imun afferent

Sistem immun afferent dimulai dari kontak, seleksi, dan pemrosesan.

- Sistem imun efferent

Sistem imun efferent menghasilkan aktifitas limfosit, antibodi dan mekanisme pertahanan seperti respon seluler dan faktor nonlimfoid.

Menurut Affandi dan Tang, (2000) makrofag ialah sistem pertahanan pertama yang menghancurkan antigen melalui fagositosis setelah terjadi aktifitas antigenik. Lalu makrofag mengirimkan kode ke sel limfosit. Affandi dan Tang, (2000) menceritakan bahwa sel limfosit berproliferasi dan membentuk subpopulasi limfosit, yaitu limfosit T (sel T). Respon imun humoral yaitu respon yang dioperasikan antibodi dan dideteksi dalam serum yang melibatkan limfosit B (disebut sel B atau sel plasma). Limfosit B ialah pembentuk antibodi. Zat antibodi dilepaskan ke plasma darah. Antibodi atau immunoglobulin (Ig) bersifat spesifik karena hanya bereaksi terhadap mikroba yang menstimulasi pembentukannya. Immunoglobulin mengeliminasi protein asing melalui reaksi pada situs pengikatan antigen – antibodi (epitodeterminan) (Malik.2011).

Sel limfosit B dapat membentuk sel memori terhadap patogen. Sel memori akan mempercepat waktu pembentukan respon sekunder terhadap patogen yang pernah menyerang tubuh. Sel memori dibantu oleh sel T helper. Sel T helper berperan dalam pematangan sel memori. Sebagaimana sel B, sel T berperan membentuk sel T memori dimana ingatan immunologis ini nantinya berperan dalam mempercepat respon dalam reinfeksi patogen yang sama (Affandi dan Tang .2000).

5. Vaksinasi

Menurut Alifuddin (2002), vaksinasi ialah upaya untuk menciptakan ketahanan tubuh di organisme yang bersifat spesifik melalui pemberian

vaksin (mikroorganisme yang dilemahkan). Secara umum, aktivitas ini dikenal sebagai imunisasi aktif dan pasif. Imunisasi pasif dapat diperoleh dengan cara pemberian serum kebal atau patogen yang telah dilemahkan ke ikan. selain itu imunisasi pasif dapat diperoleh dengan diturunkan langsung oleh induk ikan, imunisasi ini disebut imunisasi maternal.

Menurut Alifuddin (2002), imunisasi aktif dilakukan melalui pemberian vaksinasi. Setelah divaksinasi, diharapkan induk ikan mewarisi respon imunitas ke anaknya. Menurut Corbel (1975) saat diberi vaksin, ikan akan merespon imunostimulasi – vaksinasi dengan mensintesis antibodi. Menurut Corbel (1975) antibodi bereaksi dengan agen penginduksinya dan berperan sebagai aglutinin, presipitin, opsonim, antitoksin. Immunoglobulin ditemukan di plasma darah, mukus, dan cairan tubuh.

- Jenis dan Sifat Vaksin

Menurut Alifuddin (2002), ada 2 jenis vaksin yaitu vaksin konvensional diproduksi dengan teknologi sederhana. Produk vaksin dengan teknologi tinggi disebut vaksin moderen. Menurut Alifuddin (2002), vaksin konvensional dibagi 2 bagian yaitu vaksin mati dibuat dari patogen yang dimatikan dan dibuat dengan cara membuat ekstrak atau mengambil bagian tertentu dari tubuh patogen. Vaksin hidup dibuat dengan cara melemahkan atau diatenuasi organisme patogen.

Vaksin yang tergolong vaksin moderen ialah vaksin rekombinan, vaksin monoklonal, protein *enggineering vaccine* dan *genetic attenuation vaccine*. Untuk mencapai sasaran yang diharapkan, maka suatu vaksin harus memiliki sifat antigenik, imunogenik, dan protektif. Sifat ini menunjukkan vaksin yang diberikan harus dapat memacu terbentuknya antibodi pada ikan. Sehingga ikan mempunyai ketahanan terhadap patogen. Vaksin harus aman untuk ikan dan tidak menimbulkan ciri – ciri sakit yang secara spesifik diakibatkan oleh patogen (Alifuddin.2002).

- Dosis dan Cara Vaksinasi (Imunisasi)

Menurut Alifuddin (2002) pembudidaya melakukan teknik imunisasi dengan vaksin melalui perendaman per oral dan injeksi. Teknik ini dipilih pembudidaya didasarkan atas ukuran ikan. Ketika dilakukan imunisasi terhadap ikan, disarankan untuk melakukan vaksinasi pada fase larva atau 1 – 2 minggu setelah menetas. Menurut Alifuddin (2002), pemberian dosis vaksin sebesar 10^5 - 10^6 sel / ml, sebaiknya setelah 2 – 3 minggu dari pemberian pertama, vaksinasi diberikan lagi ke ikan.

- Preparasi Vaksin Konvensional

Menurut Alifuddin (2002) penerapan metode vaksin konvensional yang aman digunakan pembudidaya ialah memakai vaksin mati, baik dari patogen atau dimatikan, ekstrak dari patogen. Menurut Ellis (1988) preparasi vaksin bakteri dilakukan dengan perlakuan kimiawi atau secara fisik. Perlakuan kimiawi yaitu perlakuan yang menggunakan zat kimia,

misalnya menggunakan formalin, disebut “*formalin killed vaccine*”.

Perlakuan fisik dilakukan pembudidaya ialah dengan menggunakan pemanasan kultur patogen, sering disebut dengan “*heat killed vaccine*”.

- Peningkatan Efikasi Vaksin

Alifuddin (2002), mengungkapkan bahwa vaksinasi ulang (*booster*) yaitu satu cara yang efektif untuk peningkatan efikasi dari vaksin. Peningkatan efikasi vaksin dilaksanakan selang 1 – 2 minggu dari vaksinasi pertama. Teknik aplikasi vaksinasi kedua dapat dilakukan dengan cara yang sama atau berbeda dengan cara pada teknik aplikasi vaksinasi pertama.

Menurut Alifuddin (2002) peningkatan efikasi vaksin dilakukan dengan menggunakan adjuvant seperti FCA, kalium aluminium sulfat, DMSO, MDP, levamisol dan ETE. Selain dengan adjuvant, menurut Alifuddin (2002) peningkatan efikasi vaksin dengan meningkatkan konsumsi vitamin C, E dan senyawa yang mengandung imunostimulan. Hal ini dilakukan sebelum, bersama – sama, atau sesudah vaksinasi dilakukan.

- Faktor – faktor yang mempengaruhi vaksinasi

Menurut Alifuddin (2002) vaksinasi ialah memasukan antigen ke tubuh sehingga memacu terbentuknya ketahanan spesifik organisme. Menurut Alifuddin (2002) proses pembentukan respon imun dipengaruhi kualitas vaksin, kondisi ikan, lingkungan budidaya. Menurut Alifuddin (2002),

kualitas vaksin dipengaruhi oleh keasingan struktur molekul vaksin (mudah dikenali limfosit / tidak), kekuatan berikatan dengan antibodi.

Menurut Alifuddin (2002) Faktor lingkungan mempengaruhi vaksinasi yaitu suhu lingkungan. Sebab pembentukan respon spesifik di tubuh ikan bergantung pada suhu lingkungan, maka suhu lingkungan harus dijaga berkisar 20 - 25⁰C, sehingga respon spesifik dapat terbentuk. Menurut Alifuddin (2002), 2 faktor yang diperhatikan, pertama adjuvant tidak sesuai. Kedua, kualitas pakan dan padat penebaran tinggi berpengaruh vaksinasi. Hal ini menyebabkan terhambatnya pembentukan imunitas.

6. Imunostimulasi dengan Imunostimulan

Menurut Anderson (1992) imunostimulan yaitu zat kimia yang meningkatkan mekanisme respon imun ikan. Imunostimulan berbeda dengan vaksin, sebab imunostimulan tidak direspon dengan mensintesis antibodi, namun berperan untuk peningkatan aktivitas dan reaktivitas sel pertahanan seluler / humoral (Alifuddin, 2002). Menurut Anderson (1992), pemberian imunostimulan dilakukan melalui injeksi, bersama pakan dan perendaman. Pemberian imunostimulan dilakukan selama 1 minggu ke larva. Setelah 1 minggu, pemberian imunostimulan dihentikan dan minggu ke 3 sampai minggu selanjutnya pemberian imunostimulan kembali dilakukan. Pemberian imunostimulan tahap awal melalui perendaman dan selanjutnya diberikan bersama pakan (Alifuddin, 2002).

G. Inositol

Menurut Gusrina (2008) inositol berperan dalam menghilangkan lemak di hati. Peran utama dari inositol yaitu bertindak sebagai komponen inositida di hampir semua membran sel. Menurut Kuksis dan Mookerjea (1991) pada saat reaksi glikolisis dan siklus Krebs, katabolisme inositol dapat saja terjadi. Menurut Gusrina (2008) untuk memenuhi kebutuhan inositol biasanya pembudidaya mencampurkan tepung ikan, ragi bir kering dan gandum kedalam pakan ikan. Ketiga bahan ini mempunyai kandungan inositol cukup tinggi. Kebutuhan ikan akan inositol ini berbeda – beda, sebagaimana yang telah dilaporkan oleh tacon pada Tabel 2 dibawah ini

Tabel 1. Kebutuhan Inositol dalam Pakan Ikan

Jenis Ikan	Kandungan (mg/kg)
Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	440
Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>)	250 – 300
Chinok salmon (<i>O. tshawytscha</i>)	300 – 400
Coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>)	300 – 400
Red sea bream (<i>C. major</i>)	550 – 900

(Sumber Tacon. 1991)

Kebutuhan ikan terhadap inositol cukup besar, jika kandungan inositol di pakan berkurang. Hal ini menyebabkan gejala penyakit seperti di Tabel 3

Tabel 2. Tanda – Tanda Kekurangan Inositol Pada Ikan

Jenis ikan	Tanda tanda yang akan timbul
Salmonids	Pertumbuhan menurun, distended abdomen, warna jadi gelap, peningkatan waktu pengosongan lambung
Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	Penurunan pertumbuhan, kulit kehilangan mucosa dan disirip terjadi (luka) pendarahan.
Red sea bream	Pertumbuhan menurun

(Sumber Tacon. 1991)