

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

2.1.1. Klasifikasi dan Morfologi

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan ikan air tawar yang termasuk dalam famili Cichlidae dan merupakan ikan asal Afrika (Boyd dan Lichkoppler, 2004). Ikan ini merupakan spesies ikan yang berukuran besar antara 200 - 400 gram, sifat omnivora sehingga bisa mengkonsumsi makanan berupa hewan dan tumbuhan (Khairuman dan Amri, 2003). Di Indonesia benih ikan nila secara resmi didatangkan dari Taiwan oleh Balai Penelitian Perikanan Air Tawar pada tahun 1969.

Menurut Boyd dan Lichkoppler (2004) ikan nila (*Oreochromis niloticus*) mempunyai klasifikasi sebagai berikut:

<i>Kingdom</i>	: <i>Animalia</i>
<i>Phylum</i>	: <i>Chordata</i>
<i>Class</i>	: <i>Osteichthyes</i>
<i>Sub Class</i>	: <i>Acanthopterygii</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Percomorphi</i>
<i>Sub Order</i>	: <i>Percoidea</i>
<i>Family</i>	: <i>Cichlidae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Oreochromis</i>
<i>Species</i>	: <i>Oreochromis niloticus</i>

Berdasarkan morfologinya bentuk Tubuh nila berwarna kehitaman atau keabuan, dengan beberapa pita gelap melintang (belang) yang makin mengabur pada ikan dewasa. Ekor bergaris-garis tegak, 7-12 buah. Tenggorokan, sirip dada, sirip perut, sirip ekor dan ujung sirip punggung dengan warna merah atau kemerahan (atau kekuningan) ketika musim berbiak.ada garis linea literalis pada bagian truncus fungsinya adalah untuk alat keseimbangan ikan pada saat berenang
Gambar 2



Gambar 2. Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) (Sumber : (Andriyan, 2017))

Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan ikan yang memiliki bentuk tubuh memanjang dan ramping dengan sisik berukuran besar. Matanya besar, menonjol dan bagian tepinya berwarna putih. Jumlah sisik dan sirip anal mempunyai jari-jari lemah tetapi keras dan tajam seperti duri. Sirip punggungnya dan sirip dadanya berwarna hitam. Bagian pinggir sirip punggung berwarna abu-abu atau hitam (Khairuman dan Amri, 2008).

Ikan Nila memiliki sirip, yakni sirip punggung (dorsal fin), sirip dada (pectoral fin), sirip perut (ventral fin), sirip anus (anal fin), sirip ekor (caudal fin). Sirip punggung memanjang, dari bagian atas tutup insang hingga bagian atas sirip ekor. Ada sepasang sirip dada dan perut yang berukuran kecil. Sirip anus hanya satu buah dan berbentuk agak panjang. Sedangkan sirip ekornya berbentuk bulat dan hanya berjumlah satu buah (Arie, 2009).

Menurut Mudjiman (2001), Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) adalah termasuk campuran ikan pemakan campuran (omnivora). Ikan nila mempunyai kemampuan tumbuh secara normal pada kisaran suhu 14-38°C dengan suhu optimum bagi pertumbuhan dan perkembangannya yaitu 25-30°C. Pada suhu 14°C atau pada suhu tinggi 38°C pertumbuhan ikan nila akan terganggu. Pada suhu 6°C atau 42°C ikan nila akan mengalami kematian. Kandungan oksigen yang baik bagi pertumbuhan ikan nila minimal 4mg/L, kandungan karbondioksida kurang dari 5mg/L dengan derajat keasaman (pH) berkisar 5-9 (Amri, 2003).

Pada perairan alam dan dalam sistem pemeliharaan ikan, konsentrasi karbondioksida diperlukan untuk proses fotosintesis oleh tanaman air. Nilai CO₂ ditentukan antara lain oleh pH dan suhu. Jumlah CO₂ di dalam perairan yang bertambah akan menekan aktivitas Pernapasan ikan dan menghambat pengikatan oksigen oleh hemoglobin sehingga dapat membuat ikan menjadi stress. Kandungan

CO₂ dalam air untuk kegiatan pembesaran nila sebaiknya kurang dari 15 mg/liter (Sucipto dan Prihartono, 2005).

2.2. Salinitas

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Pada versi yang lebih lengkap Salinitas merupakan jumlah total dalam gram bahan-bahan terlarut dalam satu kilogram air laut jika semua karbonat dirubah menjadi oksida, semua bromide dan yodium dirubah menjadi klorida dan semua bahan-bahan organik dioksidasi

Kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran air alami sangat kecil (kurang dari 0,005 ppt) sehingga air di tempat ini dikategorikan sebagai air tawar. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air payau atau menjadi saline bila konsentrasinya 30 ppt dan dikatakan brine jika konsentrasinya lebih dari 50 ppt.

Faktor – faktor yang mempengaruhi salinitas

1. Penguapan, makin besar tingkat penguapan air laut di suatu wilayah, maka salinitasnya tinggi dan sebaliknya pada daerah yang rendah tingkat penguapan air lautnya, maka daerah itu rendah kadar garamnya. Penguapan bisa disebabkan oleh panas dari sinar matahari atau oleh pergerakan angin.
2. Curah hujan, makin besar/banyak curah hujan di suatu wilayah laut maka salinitas air laut itu akan rendah dan sebaliknya makin sedikit/kecil curah hujan yang turun salinitas akan tinggi.
3. Banyak sedikitnya sungai yang bermuara di laut tersebut, makin banyak sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitas laut tersebut akan rendah, dan sebaliknya makin sedikit sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitasnya akan tinggi.

Air laut secara alami merupakan air saline dengan kandungan garam sekitar 32-35 ppt. Beberapa danau garam di daratan dan beberapa lautan memiliki kadar garam lebih tinggi dari air laut umumnya. Sebagai contoh, Laut Mati memiliki kadar garam sekitar 300 ppt. Walaupun kebanyakan air laut di dunia memiliki kadar garam sekitar 3,5 %, air laut juga berbeda-beda kandungan garamnya. Yang paling tawar adalah di timur Teluk Finlandia dan di utara Teluk Bothnia, keduanya bagian

dari Laut Baltik. Yang paling asin adalah di Laut Merah, di mana suhu tinggi dan sirkulasi terbatas membuat penguapan

tinggi dan sedikit masukan air dari sungai-sungai. Kadar garam di beberapa danau dapat lebih tinggi lagi.

Air laut tersusun dari berbagai bahan terlarut, yang berasal dari bahan organik maupun anorganik. Garam-garam utama (mayor element) yang terdapat dalam air laut adalah klorida (18,980 gr), natrium (10,556), sulfat (2,649 gr), magnesium (1,272 %), kalsium (0,400 gr), kalium (0,380 gr) dan bikarbonat (0,140 gr), Sisanya termasuk minor element (Brom, Silika, Flour, Strontium, Boron) dan trace element (Merkuri, Emas, Nitrogen, Phosfor, dll). Tiga sumber utama dari garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (hydrothermal vents) di laut dalam. Keberadaan garam-garaman mempengaruhi sifat fisis air laut (seperti: densitas, kompresibilitas, titik beku, dan temperatur dimana densitas menjadi maksimum) beberapa tingkat, tetapi tidak menentukannya. Beberapa sifat (viskositas, daya serap cahaya) tidak terpengaruh secara signifikan oleh salinitas. Dua sifat yang sangat ditentukan oleh jumlah garam di laut (salinitas) adalah daya hantar listrik (konduktivitas) dan tekanan osmosis.

Kandungan garam mempunyai pengaruh pada sifat-sifat air laut. Karena mengandung garam, titik beku air laut menjadi lebih rendah daripada 0°C (air laut yang bersalinitas 35 ppt titik bekunya $-1,9^{\circ}\text{C}$), sementara kerapatannya meningkat sampai titik beku (kerapatan maksimum air murni terjadi pada suhu 4°C). Sifat ini sangat penting sebagai penggerak pertukaran massa air panas dan dingin, memungkinkan air permukaan yang dingin terbentuk dan tenggelam ke dasar sementara air dengan suhu yang lebih hangat akan terangkat ke atas. Sedangkan titik beku dibawah 0°C memungkinkan kolom air laut tidak membeku.

2.3. Tingkat Kelangsungan Hidup (*Survival Rate*)

Kelangsungan hidup adalah peluang hidup suatu individu dalam waktu tertentu, sedangkan mortalitas adalah kematian yang terjadi pada suatu populasi organisme yang menyebabkan berkurangnya jumlah individu di populasi tersebut (Effendi, 1997). Nilai tingkat kelangsungan hidup ikan rata-rata yang baik berkisar antara 73,5-86,0%. Kelangsungan hidup ikan ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya kualitas air meliputi suhu, kadar amoniak dan nitrit, oksigen yang

terlarut, dan tingkat keasaman (pH) perairan, serta rasio antara jumlah pakan dengan kepadatan (DEPTAN, 1999).

2.4. Sistem Hematologi Ikan

Darah dapat didefinisikan sebagai suatu jaringan pengikat dan mempunyai dua komponen, yaitu : komponen cairan yang disebut plasma darah dan komponen sel-sel darah atau *korpuskula* darah yang terdiri dari eritrosit, leukosit dan trombosit. Plasma yang berupa cairan adalah tempat terlarutnya mineral, produk digesti terabsorpsi, produk buangan, sekresi khusus, enzim, antibodi dan gas yang terlarut. Kadar hemoglobin, jumlah dan bentuk sel darah hewan berbeda-beda, eritrosit mamalia tidak berinti dan berbentuk bulat. Eritrosit ikan berinti dan berwarna merah muda. Sel darah merah ikan dewasa biasanya berbentuk oval dengan diameter 7-46 μ . Transport oksigen dalam darah tergantung pada komponen besar dalam pigmen respirasi, yaitu umumnya hemoglobin. Darah amat penting bagi kehidupan makhluk yang mempunyai banyak sel, disebabkan oleh perannya untuk transport oksigen, air, elektrolit, zat makanan dan hormon-hormon ke setiap sel, juga transport hasil atau sisa metabolisme ke organ-organ pembuangan. Pembentukan sel darah merah (eritropoiesis) merupakan suatu pengaturan umpan balik karena pembentukan ini dihambat oleh kenaikan jumlah sel darah merah dalam sirkulasi yang mencapai nilai diatas normal, dan distimulasi oleh anemia (Clauss, dkk., 2008).

Indikator parameter nilai hematologi yang memperlihatkan perubahan pada darah, meliputi : hemoglobin, hematokrit, trombosit, jumlah sel darah merah dan jumlah sel darah putih. Sel darah merah, sel darah putih dan platelet/thrombosit merupakan bagian dari elemen darah, sedangkan berbagai faktor koagulasi/zat pembekuan serta immunoglobulin adalah unsur penting dari protein plasma total.

2.4.2. Eritosit / Sel Darah Merah (SDM)

Eritrosit atau sel darah merah merupakan salah satu komponen sel yang terdapat dalam darah, fungsi utamanya adalah sebagai pengangkut hemoglobin yang akan membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan. Tiap-tiap sel darah merah mengandung 200 juta molekul hemoglobin. Hemoglobin (Hb) merupakan suatu protein yang mengandung senyawa besi hemin. Eritrosit merupakan suatu sel yang

kompleks, membrannya terdiri dari lipid dan protein, sedangkan bagian dalam sel merupakan mekanisme yang mempertahankan sel selama 120 hari masa hidupnya serta menjaga fungsi hemoglobin selama masa hidup sel tersebut (Williams, 2007).

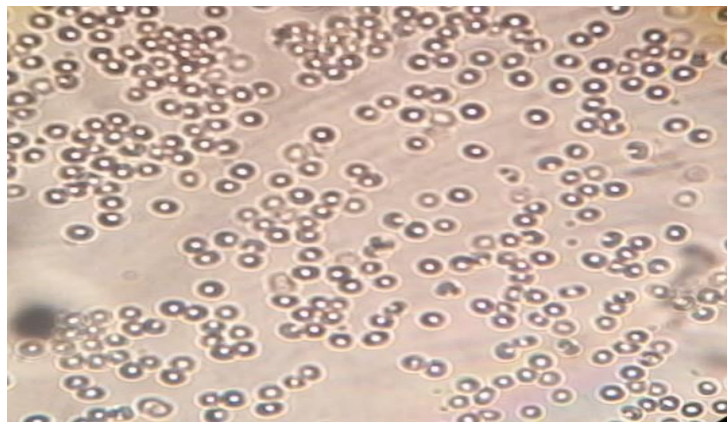
Eritrosit ikan berinti dan berwarna merah muda. Sel darah merah ikan dewasa biasanya berbentuk oval dengan diameter 7-46 μ . Transport oksigen dalam darah tergantung pada komponen besar dalam pigmen respirasi, yaitu umumnya hemoglobin. Jumlah hemoglobin bervariasi dengan jumlah sel darah merah yang ada. Jumlah eritrosit berkisar antara 20.000-3.000.000 per ml darah. Contoh, ikan Goosfish mempunyai eritrosit 867.000 dan ikan Mackerel 3.000.000 per ml darah. Hemoglobin merupakan bagian dari sel darah merah yang mengikat oksigen dari insang untuk diantarkan ke seluruh jaringan tubuh. Kadar hemoglobin ikan air tawar berkisar antara 5.05-8.33 g/dl. Leukosit berbentuk bulat telur sampai bulat. Jumlah leukosit ikan berkisar antara 20.000-150.000 per ml darah.

Eritrosit atau sel darah merah merupakan bagian terbesar atau terbanyak yaitu sebanyak 99 %. Bentuk sel darah merah yaitu bikonkaf : berbentuk pipih, bulat, cekung pada bagian tengah dan bertumpuk. Fungsi dari eritrosit ini adalah penentu golongan darah dan mengangkut oksigen yang diangkut oleh hemoglobin yang menyebabkan darah berwarna merah atau disebut dengan oksihemoglobin. Fungsi utama dari darah adalah mengangkut oksigen yang diperlukan oleh sel-sel di seluruh tubuh. Darah juga menyuplai jaringan tubuh dengan nutrisi, mengangkut zat-zat sisa metabolisme dan mengandung berbagai bahan penyusun sistem imun yang bertujuan mempertahankan tubuh dari berbagai penyakit.

Proses pembentukan eritrosit yang disebut sebagai eritropoiesis merupakan proses yang diregulasi ketat melalui kendali umpan balik. Pembentukan eritrosit dihambat oleh kadar hemoglobin di atas normal dan dirangsang oleh keadaan anemia dan hipoksia. Eritropoiesis pada masa awal janin terjadi dalam yolk sac, pada bulan kedua kehamilan eritropoiesis berpindah ke liver dan saat bayi lahir eritropoiesis di liver berhenti dan pusat pembentukan eritrosit berpindah ke sumsum tulang (Williams, 2007). Eritrosit atau sel darah merah merupakan bagian terbesar atau terbanyak yaitu sebanyak 99 %.

Hemoglobin merupakan protein yang berperan paling besar dalam transport oksigen ke jaringan dan karbondioksida ke paru-paru. Hemoglobin merupakan

protein heme sama seperti myoglobin, myoglobin yang bersifat monomerik (mengandung satu subunit) banyak ditemukan di otot, sedangkan hemoglobin yang ditemukan di darah memiliki empat subunit polipeptida maka disebut tetramerik. Warna dari eritrosit berasal dari gugus heme yang terdapat pada hemoglobin. Sedangkan cairan plasma darah sendiri berwarna kuning kecoklatan, tetapi eritrosit akan berubah warna tergantung pada kondisi hemoglobin. Ketika terikat pada oksigen, eritrosit akan berwarna merah terang dan ketika oksigen dilepas maka warna eritrosit akan berwarna lebih gelap, dan akan menimbulkan warna kebiru-biruan pada pembuluh darah dan kulit (Harper, 2003).



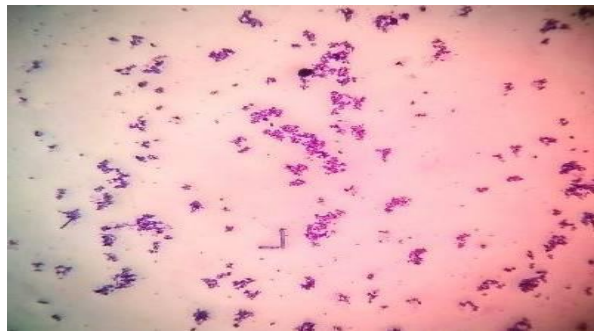
Gambar 3. Sel Darah Merah (Sumber : Andriyan, 2017)

2.4.3. Leukosit / Sel Darah Putih (SDP)

Leukosit adalah sel darah yang mengandung inti, disebut juga sel darah putih. Rata-rata jumlah leukosit dalam darah manusia normal adalah 5000- 9000/mm³, bila jumlahnya lebih dari 10.000/mm³, keadaan ini disebut leukositosis, bila kurang dari 5000/mm³ Leukosit terdiri dari dua golongan utama, yaitu agranular dan granular. Sel darah putih atau leukosit memiliki bentuk lebih besar dari sel darah merah. Bentuk sel darah putih adalah limfosit, basofil, neutrofil, monosit dan eosinofil. Fungsi leukosit adalah membunuh kuman penyakit dalam tubuh dan membentuk antibodi tubuh (Kwon, 2012). Leukosit agranular mempunyai sitoplasma yang tampak homogen, dan intinya berbentuk bulat atau berbentuk ginjal. Leukosit granular mengandung granula spesifik (yang dalam keadaan hidup berupa tetesan setengah cair) dalam sitoplasmanya dan mempunyai inti yang memperlihatkan banyak variasi dalam bentuknya. Terdapat 2 jenis leukosit

agranular yaitu; limfosit yang terdiri dari sel-sel kecil dengan sitoplasma sedikit, dan monosit yang terdiri dari sel-sel yang agak besar dan mengandung sitoplasma lebih banyak. Terdapat 3 jenis leukosit granular yaitu *neutrofil*, *basofil*, dan *asidofil (eosinofil)*. (Effendi, 2003).

Leukosit mempunyai peranan dalam pertahanan seluler dan humoral organisme terhadap zat-zat asing. Leukosit dapat melakukan gerakan amuboid dan melalui proses diapedesis leukosit dapat meninggalkan kapiler dengan menerobos antara sel-sel endotel dan menembus kedalam jaringan penyambung. (Effendi, 2003). Jumlah leukosit per mikroliter darah, pada orang dewasa normal adalah 5000-9000/mm³, waktu lahir 15000-25000/mm³, dan menjelang hari ke empat turun sampai 12000, pada usia 4 tahun sesuai jumlah normal. (Effendi, 2003).



Gambar 4. Sel Darah Putih (Sumber : Andriyan, 2017)

2.4.3.1 Jenis Sel Darah Putih

- **Granula**

- a. Neutrofil

Sel ini berdiameter 12–15 μm memiliki inti yang khas padat terdiri atas sitoplasma pucat di antara 2 hingga 5 lobus dengan rangka tidak teratur dan mengandung banyak granula merah jambu (azuropilik) atau merah lembayung. Granula terbagi menjadi granula primer yang muncul pada stadium promielosit, dan sekunder yang muncul pada stadium mielosit dan terbanyak pada neutrofil matang. Kedua granula berasal dari lisosom, yang primer mengandung mieloperoksidase, fosfatase asam dan hidrolase asam lain, yang sekunder mengandung fosfatase lindi dan lisosom. (Hoffbrand dan Pettit, 1996)

- b. Eosinofil

Sel ini serupa dengan neutrofil kecuali granula sitoplasmanya lebih kasar dan berwarna lebih merah gelap (karena mengandung protein basa) dan jarang terdapat lebih dari tiga lobus inti. Mielosit eosinofil dapat dikenali tetapi stadium sebelumnya tidak dapat dibedakan dari prekursor neutrofil. Waktu perjalanan dalam darah untuk eosinofil lebih lama daripada untuk neutrofil. Eosinofil memasuki eksudat peradangan dan nyata memainkan peranan istimewa pada respon alergi, pada pertahanan melawan parasit dan dalam pengeluaran fibrin yang terbentuk selama peradangan. (Hoffbrand & Pettit, 1996)

c. **Basofil**

hanya terlihat kadang-kadang dalam darah tepi normal. Diameter basofil lebih kecil dari neutrofil yaitu sekitar 9-10 μm . Jumlahnya 1% dari total sel darah putih. Basofil memiliki banyak granula sitoplasma yang menutupi inti dan mengandung heparin dan histamin. Dalam jaringan, basofil menjadi "mast cells". Basofil memiliki tempat-tempat perlekatan IgG dan degranulasinya dikaitkan dengan pelepasan histamin. Fungsinya berperan dalam respon alergi. (Hoffbrand & Pettit, 1996).

• **Tidak Bergranula**

a. **Monosit**

Rupa monosit bermacam-macam, dimana ia biasanya lebih besar daripada leukosit darah tepi yaitu diameter 16-20 μm dan memiliki inti besar di tengah oval atau berlekuk dengan kromatin mengelompok. Sitoplasma yang melimpah berwarna biru pucat dan mengandung banyak vakuola halus sehingga memberi rupa seperti kaca. Granula sitoplasma juga sering ada. Prekursor monosit dalam sumsum tulang (monoblas dan promonosit) sukar dibedakan dari mieloblas dan monosit. (Hoffbrand dan Pettit, 1996)

b. **Limfosit**

Sebagian besar limfosit yang terdapat dalam darah tepi merupakan sel kecil yang berdiameter kecil dari 10 μm . Intinya yang gelap berbentuk bundar atau agak berlekuk dengan kelompok kromatin kasar dan tidak berbatas tegas. Nukleoli normal terlihat. Sitoplasmanya berwarna biru-langit dan dalam kebanyakan sel, terlihat seperti bingkai halus sekitar inti. Kira-kira 10% limfosit yang beredar merupakan sel yang lebih besar dengan diameter 12-16 μm dengan sitoplasma yang

banyak yang mengandung sedikit granula azuropilik. Bentuk yang lebih besar ini dipercaya telah dirangsang oleh antigen, misalnya virus atau protein asing. (Hoffbrand dan Pettit, 1996).

2.5. Sistem Kekebalan

Sistem kekebalan pada ikan terbagi atas sistem pertahanan non spesifik dan spesifik. Proses pertahanan tubuh yang sederhana ditampilkan oleh organisme sebagai bentuk pertahanan dengan mengandalkan struktur fisik, kerja mekanik alat pertahanan dan pengeluaran substansi kimiawi yang sangat sederhana. Pada ikan, fagositosis adalah bentuk respon pertahanan tubuh yang paling sederhana, namun sangat penting, sebagai wujud sistem pertahanan non spesifik (Tatang, 2014).

Ketika ikan mengalami infeksi mikroba patogen, mekanisme kekebalan non-spesifik akan bekerja untuk menghentikan proses infeksi tersebut. Jika mekanisme tersebut tidak bekerja efektif, maka infeksi akan berlanjut dan mampu menimbulkan gejala klinis penyakit. Pada saat itu respon kekebalan spesifik akan mulai terjadi dan jika ikan mampu bertahan hidup maka akan terbentuk antibodi spesifik terhadap agen infeksi pada level titer protektif dan terbentuk pula sel-sel memori. Jika terjadi reinfeksi oleh agen penyakit sejenis, maka ikan tersebut akan kebal, mampu menahan infeksi karena respon kekebalan sekunder akan terjadi, sebagai efek booster (Tatang, 2014).

Mekanisme kekebalan non-spesifik juga dikenal sebagai kekebalan alamiah, merupakan mekanisme pertahanan inang yang responnya tidak bergantung pada frekuensi kontak terhadap antigen tertentu. Berbeda dengan respon kekebalan spesifik yang responnya sangat tergantung pada frekuensi kontak induk semang dengan antigen tertentu sebelumnya. Meskipun demikian, beberapa fungsi dari sistem kekebalan non-spesifik juga terlibat dalam sistem kekebalan spesifik (Tatang, 2014).

Sistem pertahanan pada ikan akan terbentuk sempurna saat ikan telah dewasa. Pada benih ikan sistem kekebalan tubuh sudah terbentuk tetapi belum berfungsi optimal sehingga kurang efisien dalam menahan infeksi patogen. Pada tahap ini, ikan rentan terhadap penyakit. Sistem pertahanan non spesifik merupakan pertahanan tubuh yang terdepan ketika menghadapi paparan patogen karena

memberikan respon langsung terhadap antigen. Sistem pertahanan tubuh non spesifik terdiri dari kulit dan selaput mukosa. Sistem pertahanan tubuh spesifik adalah sistem kekebalan tubuh khusus yang membuat limfosit peka untuk segera menyerang patogen tertentu (Tatang, 2014).

Untuk menghindari masalah ini, yang paling baik adalah pertama-tama mengidentifikasi spesies bakteri dan kemudian lakukan test kepekaan pada antibiotik sebelum menentukan dan menggunakan obat. Penyakit yang disebabkan bakteri, lebih baik menggunakan antibiotik yang paling umum digunakan seperti Oxytetracycline (Terramycin) daripada kehilangan produksi. Antibiotik harus digunakan pada dosis yang tepat dan untuk waktu yang cukup untuk memastikan hilangnya bakteri. Pemberian antibiotik melalui pakan harus diberikan selama 6-8 hari dan bisa diulangi setelah satu minggu istirahat guna mencegah perkembangan patogen baru. Menghentikan pengobatan sebelum hari ke-6 mengandung resiko membuat bakteri kebal atau immun, meskipun tingkat kematian menurun dan kesehatan ikan membaik secara cepat (Komarudin dan Slembrouck, 2005).

Jika belum terkena penyakit, imunostimulan bisa dipakai sebagai tindakan preventif untuk mencegah penyakit, serta untuk meningkatkan daya tahan tubuh. Terapi tambahan disini berarti imunostimulan bukanlah merupakan obat utama yang melawan penyakit, tetapi hanya membantu mempercepat proses penyembuhannya saja. Namun demikian, imunostimulan akan lebih bermanfaat pada kondisi dimana sistem kekebalan tubuh mengalami penurunan. Salah satu imunostimulan yang mulai dikembangkan adalah Buah Mengkudu (Mardiana dan Sutia, 2017). Jenis tanaman obat yang banyak dipakai dalam usaha kesehatan salah satunya adalah tanaman mengkudu (*Morinda citrifolia* L). Oleh karena itu agar kegiatan budidaya dapat berkesinambungan baik secara ekologi maupun ekonomi maka kontrol penyakit perlu mendapat perhatian yang serius. Salah satu upaya dengan meningkatkan kekebalan non spesifik. Sedangkan kekebalan non spesifik adalah kemampuan ketahanan tubuh terhadap adanya infeksi dan merupakan sistem alami yang bersifat bawaan yang dapat ditingkatkan melalui pemberian imunostimulan (Supriyadi, dkk. 2007).

Beberapa hasil penelitian telah memperlihatkan bahwa imunostimulan yang ditambahkan dalam pakan dapat meningkatkan resistensi ikan dan udang terhadap

infeksi penyakit melalui peningkatan respon imun nonspesifik sekaligus meningkatkan pertumbuhan ikan (Lengka, dkk. 2013). Ilmiyati (2015) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa mengkudu memberikan pengaruh terbaik pada ikan uji, yang ditandai dengan total leukosit 73.720 sel/mm darah, limfosit 66,33%, monosit 29,33%, neutrofil 4,33%, bobot rata-rata individu 24,06 g/ekor, dan tingkat kelangsungan hidup 91,67%. Beberapa keuntungan menggunakan bahan alami antara lain relatif lebih aman, mudah diperoleh, murah, tidak menimbulkan resistensi, dan relatif tidak berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya. Karena beberapa keunggulan tersebut tersebut maka akan dilakukan penelitian menggunakan mengkudu sebagai sumber imunostimulan.

2.5.1. Sistem Kekebalan Non-Spesifik

Kekebalan non-spesifik adalah suatu sistem pertahanan tubuh yang berfungsi untuk melawan segala jenis patogen yang menyerang dan bersifat alami. Kekebalan non-spesifik merupakan imunitas bawaan, yaitu respon perlawanan terhadap zat asing yang dapat terjadi walaupun tubuh sebelumnya tidak pernah terpapar oleh zat tersebut (Tatang, 2014)..

Sistem kekebalan non-spesifik mencakup pertahanan pertama dan pertahanan kedua. Pertahanan pertama yaitu pertahanan fisik meliputi, sisik, kulit, dan mukus. Mukus memiliki kemampuan menghambat kolonisasi mikroorganisma pada kulit, insang dan mukosa. Mukus ikan mengandung imunoglobulin (IgM) alami dan bukan sebagai respon dari pemaparan antigen. Imunoglobulin merupakan antibodi yang dapat menghancurkan patogen yang menyerang tubuh. Adapun sisik dan kulit berperan dalam melindungi ikan dari kemungkinan luka dan sangat penting peranannya dalam mengendalikan osmolaritas tubuh. Kerusakan pada sisik atau kulit dapat mempermudah patogen menginfeksi inang (Tatang, 2014).

2.5.2. Sistem Kekebalan Spesifik pada Ikan

Ada beberapa substansi sel dan organ yang berperan dalam sistem pertahanan tubuh suatu organisme. Elemen-elemen tersebut sering disebut dengan sistem kekebalan. Organ yang termasuk dalam sistem kekebalan adalah sistem “*Reticulo Endothelial*”, limfosit, plasmosit, dan fraksi serum protein tertentu (Tatang, 2014).

Sel yang berperan dalam sistem tanggap kebal terdiri dari dua jenis sel limfosit yaitu limfosit-B dan limfosit-T. Aktivitas yang pasti dari sel-T pada ikan

belum banyak diketahui tapi yang jelas peran utamanya adalah dalam sistem kekebalan seluler dan biasanya disebut dengan imun perantara sel (cell mediated immunity). Sel-B berperan dalam produksi imunoglobulin melalui rangsangan antigen tertentu dan imunoglobulin diproduksi oleh sel tertentu pada limpa dan mungkin juga pada organ hati (Tatang, 2014).

2.6. Mengkudu (*Morinda citrifolia* L)

2.6.1 Klasifikasi dan Morfologi

Mengkudu (*Morinda citrifolia* L) atau yang disebut pace maupun noni merupakan tumbuhan asli Indonesia yang sudah dikenal lama oleh penduduk di Indonesia (Gambar 4). Pemanfaatannya lebih banyak diperkenalkan oleh masyarakat Jawa yang selalu memanfaatkan tanaman atau tumbuhan herbal untuk mengobati beberapa penyakit (Djauhariya 2003). Klasifikasi mengkudu adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i>
Super Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Rubiales</i>
Famili	: <i>Rubiaceae</i>
Genus	: <i>Morinda</i>
Spesies	: <i>Morinda citrifolia</i> L.

Mengkudu tergolong dalam famili Rubiaceae. Nama lain untuk tanaman ini adalah Noni (bahasa Hawaii), Nono (bahasa Tahiti), Nonu (bahasa Tonga), ungcoikan (bahasa Myanmar) dan Ach (bahasa Hindi). Tanaman ini tumbuh di dataran rendah hingga pada ketinggian 1500 m. Tinggi pohon mengkudu mencapai 3-8 m, memiliki bunga bongkol berwarna putih. Buahnya merupakan buah majemuk, yang masih muda berwarna hijau mengkilap dan memiliki totol-totol dan ketika sudah tua berwarna putih dengan bintik-bintik hitam (Djauhariya, dkk. 2006).

Akhir-akhir ini banyak petani telah mulai membudidayakan mengkudu secara intensif karena dianggap dapat memberikan keuntungan yang menjanjikan. Hal ini mengingat karena hampir semua bagian tumbuhan ini dapat dimanfaatkan, daya adaptasinya yang luas serta mudah dibudidayakan dan diproses menjadi produk skala industri rumah tangga (Djauhariya, 2003).



Gambar 5. Mengkudu (*Morinda citrifolia* linn), (Sumber: Andriyan, 2017)

Ciri dari tanaman mengkudu ini mudah sekali untuk dikenali karena tanaman ini dapat tumbuh liar dimana saja bisa di pekarangan rumah, pinggir jalan atau di taman dan di pot. Ciri dari tanaman ini adalah :

a. Pohon

Pohonnya tidak terlalu besar, dengan tinggi, tingginya 3-8 m. Batangnya bengkok-bengkok berdahan kaku, memiliki akar tunggang yang tertancap dalam. Kulit batang coklat kekuningan, beralur dangkal, tidak berbulu, anak cabangnya segi empat. Tajuknya hijau seperti daun. Batang mengkudu mudah dibelah setelah dikeringkan dan bisa digunakan sebagai kayu bakar dan tiang. Di bidang pertanian kayu mengkudu digunakan untuk menopang tanaman lada (Erfi dan Prasetyo 2001 dalam Nuryati 2003).

b. Daun

Daunnya besar dan tunggal. Daun kebanyakan bersilang berhadapan, bertangkai, bulat telur lebar hingga bentuk elips, kebanyakan dengan ujung runcing, sisi atas hijau tua mengkilat, sama sekali gundul, 5-17 cm. Daun penumpu bentuknya bervariasi, kadang bulat telur, bertepi rata, hijau kekuningan, gundul, dengan panjang 1,5 cm, dibawah karangan bunga selalu cukup tinggi dan tumbuh menjadi satu. Peruratan daun menyirip. Daun mengkudu dapat dimakan sebagai

sayuran. Nilai gizinya tinggi karena banyak mengandung vitamin A (Peter 2000 *dalam* Nuryati 2003).

c. Bunga

Perbungaan mengkudu bertipe bongkol dengan tangkai 1-4 cm, rapat, berbunga banyak, tumbuh di ketiak. Bunga berbau harum dan mahkotanya berbentuk tabung, terompet, putih, dalam lehernya berambut wol, panjangnya tabung bisa mencapai 1,5 cm. Benang sari berjumlah 5, tumbuh jadi satu dengan tabung mahkota hingga berukuran cukup tinggi, tangkai sari berambut wol (Erfi dan Prasetyo 2001 *dalam* Nuryati 2003).

d. Buah

Kelopak bunga tumbuh menjadi buah yang bulat atau lonjong seperti telur ayam. Permukaan buah terbagi dalam sel-sel poligonal (bersegi banyak) yang berbintik-bintik atau berkulit. Bakal buah pada ujungnya berkelopak dan berwarna hijau kekuningan. Awalnya buah berwarna hijau ketika masih muda, dan menjadi putih kekuningan menjelang buahnya masak dan setelah benar-benar matang menjadi putih transparan dan lunak. Daging buah tersusun atas buah-buah batu yang berbentuk pyramid atau bentuk memanjang segitiga dan berwarna coklat kemerahan (Steenis 1975 *dalam* Nuryati 2003).

e. Biji

Biji mengkudu berwarna hitam, memiliki albumen yang keras dan ruang udara yang tampak jelas. Bijinya tetap memiliki daya tumbuh tinggi, walaupun telah disimpan selama 6 bulan. Perkecambahannya 3 - 9 minggu setelah biji disemaikan. Pertumbuhan tanaman setelah biji tumbuh sangat cepat. Dalam waktu 6 bulan, tinggi tanaman dapat mencapai 1,2 - 1,5 m. Perbungaan dan pembuahan dimulai pada tahun ke-3 dan berlangsung terus-menerus sepanjang tahun. Umur maksimum dari tanaman mengkudu adalah sekitar 25 tahun (Djauhariya, dkk. 2006).

2.6.2 Kandungan Mengkudu (*Morinda citrifolia* L)

Mengkudu atau Noni memiliki banyak zat aktif yang sangat berkhasiat dalam mencegah dan mengatasi berbagai penyakit. Berikut adalah kandungan senyawa berkhasiat yang terdapat dalam mengkudu :

a. Senyawa Terpenoid

Senyawa terpenoid adalah senyawa hidrokarbon isometrik yang juga terdapat pada lemak atau minyak esensial (essential oils), dapat membantu tubuh dalam proses sintesis organik dan pemulihan sel-sel tubuh. (Bangun, 2008)

b. Zat Anti-bakteri

Acubin, Asperuloside, Alizarin dan beberapa zat Antraquinon telah terbukti sebagai zat anti bakteri. Zat-zat yang terdapat di dalam buah mengkudu telah terbukti menunjukkan kekuatan melawan golongan bakteri infeksi: *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus morgani*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli* (Waha 2000; Winarti 2005).

Zat anti-bakteri dalam buah mengkudu dapat mengontrol dua golongan bakteri yang mematikan (patogen), yaitu *Salmonella* dan *Shigella*. Penemuan zat-zat anti bakteri dalam sari buah mengkudu mendukung kegunaannya untuk merawat penyakit infeksi kulit, pilek, demam dan berbagai masalah kesehatan yang disebabkan oleh bakteri (Winarti, 2005).

c. Beberapa Jenis Asam

Asam askorbat yang ada di dalam buah mengkudu adalah sumber vitamin C yang luar biasa. Vitamin C merupakan salah satu antioksidan yang hebat. Antioksidan bermanfaat untuk menetralkan radikal bebas (partikel-partikel berbahaya yang terbentuk sebagai hasil sampingan proses metabolisme yang dapat merusak materi genetik dan merusak sistem kekebalan tubuh). Asam kaproat, asam kaprilat dan asam kaprik termasuk golongan asam lemak. Asam kaproat dan asam kaprik inilah yang menyebabkan bau busuk yang tajam pada buah mengkudu (Winarti 2005).

d. Scopoletin

Pada tahun 1993, peneliti universitas Hawaii berhasil memisahkan zat-zat scopoletin dari buah mengkudu. Zat-zat scopoletin ini mempunyai khasiat pengobatan dan para ahli percaya bahwa scopoletin adalah salah satu di antara zat-zat yang terdapat dalam buah mengkudu yang dapat mengikat serotonin, salah satu zat kimiawi penting di dalam tubuh manusia (Waha, 2000).

Menurut Neil Solomon, scopoletin adalah senyawa fitonutrien yang dapat mengikat serotonin dan berfungsi memperlebar saluran pembuluh darah yang mengalami penyempitan. Scopoletin dapat bekerja secara sinergis dengan

netraceuticals lain untuk mengatur tekanan darah tinggi menjadi normal, tetapi tidak menurunkan tekanan darah yang sudah normal. Menurut Harrison, scolopetin dapat meningkatkan kelenjar pineal di dalam otak, yang kemudian digunakan untuk menghasilkan hormon melatonin, dimana serotonin akan berperan sebagai neurotransmitter dan prekursor hormon melatonin. Scolopetin juga bersifat fungisida, misalnya terhadap *Pythium*, sp. (Bangun, 2008)

e. Xeronine dan Proxeronine

Salah satu alkaloid penting yang terdapat dalam buah mengkudu adalah xeronine. Xeronine dihasilkan juga oleh tubuh manusia dalam jumlah terbatas yang berfungsi untuk mengaktifkan enzim-enzim dan mengatur fungsi protein di dalam sel. Xeronine ditemukan pertama kali oleh Dr. Ralph Heinicke (ahli biokimia). Walaupun buah mengkudu hanya mengandung sedikit xeronine, tetapi mengandung bahan-bahan pembentuk (prekursor) xeronine, yaitu proxeronine dalam jumlah besar (Wang, dkk., 2001)

Proxeronine adalah sejenis asam koloid yang tidak mengandung gula, asam amino atau asam nukleat seperti koloid-koloid lainnya dengan bobot molekul relatif besar, lebih dari 16.000. Apabila mengkonsumsi proxeronine maka kadar xeronine di dalam tubuh akan meningkat. Di dalam tubuh manusia (usus) enzim proxeronase dan zat-zat lain akan mengubah proxeronine menjadi xeronine. Fungsi utama xeronine adalah mengatur bentuk dan rigiditas (kekerasan) protein-protein spesifik yang terdapat di dalam sel. Hal ini penting mengingat bila protein-protein tersebut berfungsi abnormal maka tubuh akan mengalami gangguan kesehatan (Heinicke 2001 *dalam* Nuryati 2003).

f. Damnacanthal

Jurnal Cancer Letter (1993) melaporkan penemuan zat aktif kanker (damnacanthal) dalam ekstrak mengkudu yang mampu menghambat pertumbuhan sel-sel kanker. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Universitas Hawaii, sari buah mengkudu dapat menghambat sel tumor dengan cara merangsang kekebalan tubuh. (Bangun, 2008)

2.6.3 Habitat

Tanaman mengkudu dapat tumbuh baik pada daerah dataran rendah dengan ketinggian 1-1500 meter di atas permukaan laut, suhu udara antara 22-30 °C, namun

masih dapat tumbuh hingga suhu 32 °C. Kelembaban udara antara 50-70 %. Curah hujan antara 2000-3000 mm/tahun, dan cukup mendapat sinar matahari. Jenis tanah yang cocok bagi pertumbuhan mengkudu adalah alivial, latosol, dan podsolik merah kuning. Jenis ini terdapat di seluruh Asia Tenggara, bagian barat Samudera Hindia, dan bagian barat Samudera Pasifik (Nuryati 2003).

Table 1. Literatur penggunaan mengkudu untuk imunostimulan.

No	Nama Penulis /peneliti/tahun	Ringkasan Hasil Penelitian	Jurnal/prosiding
1	Memi Martin Ilmayati (2015)	dosis terbaik buah mengkudu yang diberikan pada ikan nila selama 45 hari dan diinfeksi <i>S.iniae</i> adalah 9 g/kg pakan (P3) memberikan pengaruh terbaik pada ikan uji, yang ditandai dengan total leukosit 73.720 sel/mm ³ darah, limfosit 66,33%, monosit 29,33%, neutrofil 4,33%, bobot rata-rata individu 24,06 g/ekor, dan kelulushidupan 91,67%.	Differentiation Of Leukocytes Of Nile Tilapia (<i>Oreochromis Niloticus</i>) With Feed Consist Of Noni Fruit (<i>Morinda Citrifolia L.</i>)
2	Ermianus Samalei (2015)	pencegahan dengan penambahan buah mengkudu dalam pakan komersial dengan dosis 0,5% dapat memberikan kelangsungan hidup ikan patin pascaujiantang sebesar 83,33%, lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.	Penambahan Buah Mengkudu (<i>Morinda Citrifolia L.</i>) Pada Pakan Ikan Patin (<i>Pangasianodon Hypophthalmus</i>) Untuk Pencegahan Infeksi <i>Aeromonas Hydrophila</i>
3	Fajar Kusuma Dewi (2010)	Ekstrak etanol buah mengkudu (<i>Morinda citrifolia, L.</i>) mempunyai aktivitas penghambatan, pada uji zona hambat menunjukkan aktivitasnya cenderung lebih aktif terhadap bakteri gram positif, daripada gram negatif.	Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Buah Mengkudu (<i>Morinda Citrifolia, L.</i>) Terhadap Bakteri Pembusuk Daging Segar
4	Irma Yunita, Henni Syawal, dan Iesje Lukistyowati (2015)	Dosis terbaik buah megkudu yang diberikan pada ikan nila adalah perlakuan P2 (6 g/kg pakan) memberikan pengaruh terbaik pada ikan uji, dengan peningkatan total aktivitas fagositosis meningkat sebanyak 56% (dari 35% menjadi 54,66 %), kadar hemoglobin tertinggi terdapat pada perlakuan P2 meningkat sebanyak 24% (dari 5,06 g% menjadi 6,33 g%), dan total eritrosit terbaik pada P3 meningkat sebanyak 41 % (dari 1,55 x10 ⁶ sel / mm ³ menjadi 2,20 x10 ⁶ sel / mm ³).	Penambahan Tepung Buah Mengkudu (<i>Morinda citrifolia L</i>) Pada Pakan Terhadap Perubahan Aktivitas Fagositosis, Total Eritrosit Dan Hemoglobin Ikan Nila (<i>Oreochromis nIrma Yunita, Henni Syawal, dan Iesje Lukistyowatiiloticus</i>)
5	Cici Yuliana Sari (2015)	Mengkudu (<i>Morinda citrifolia L.</i>) aman untuk dikonsumsi karena	Penggunaan Buah Mengkudu (<i>Morinda</i>

		dikategorikan dalam zat yang tidak toksik.	citrifolia L.) Untuk Menurunkan Tekanan Darah Tinggi Penggunaan Buah Mengkudu (Morinda citrifolia L.) Untuk Menurunkan Tekanan Darah Tinggi
--	--	--	---

2.7 Metode Pengayaan Pakan Buatan

Pakan buatan adalah pakan yang dibuat dengan formulasi tertentu berdasarkan pertimbangan pembuatannya. Kebutuhan nutrient ikan meliputi protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral. Dengan pertimbangan yang baik dapat dihasilkan pakan buatan yang disukai ikan, tidak mudah hancur dalam air dan aman bagi ikan (Liviawati dan Afrianto, 2005).

Menurut Amri dan Khairuman (2002) pemberian pakan akan memberikan manfaat yang optimal bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. Pakan akan diproses dalam tubuh ikan dan unsur-unsur nutrient atau gizinya akan diserap untuk dimanfaatkan dalam membangun jaringan dan daging, sehingga pertumbuhan ikan akan terjamin. Fungsi lain dari pakan adalah untuk membantu mempercepat kematang gonad sehingga proses reproduksi dapat dipercepat (Liviawati dan Afrianto, 2005).

2.8 Kualitas Air

Kualitas air merupakan faktor lingkungan yang terdiri dari faktor fisika dan kimia. Faktor fisika meliputi suhu, cahaya dan pergerakan air. Kualitas air yang penting yaitu suhu, dan pH. Suhu berpengaruh terhadap tingkat kelangsungan hidup ikan. Peningkatan suhu menyebabkan ikan lebih banyak mengkonsumsi metabolisme (Effendi, 2003). Suhu air optimal yang dibutuhkan ikan nila yaitu 25-30°C (Khairuman dan Amri, 2008).

Suhu merupakan faktor yang mempengaruhi laju metabolisme dan kelarutan gas dalam air (Zonneveld, *dkk.*, 1991). Suhu yang ideal untuk pemeliharaan ikan lele dumbo adalah 25°C - 30°C, diatas suhu tersebut nafsu makan ikan nila akan berkurang. Selain itu, tingginya temperatur air akan menyebabkan meningkatnya aktivitas metabolisme dari organisme yang ada. Dengan tingginya aktivitas metabolisme ini, kandungan gas terlarut akan berkurang. Rendahnya kandungan

gas terlarut dalam kurun waktu yang lama akan menyebabkan ikan lele dumbo lemas, bahkan mati. Oleh sebab itu perlu adanya tingkat pengaturan kepadatan benih ikan lele dumbo dalam wadah pemeliharaan, agar sesuai dengan laju metabolisme komponen perairan yang terjadi.

Derajat keasaman (pH) merupakan ukuran konsentrasi ion hydrogen yang menunjukkan suasana asam dan basa, asam menghasilkan ion hydrogen (H^+) bila dilarutkan dalam air menghasilkan ion hidroksil (OH^-). Faktor yang mempengaruhi pH yaitu konsentrasi karbondioksida dan senyawa yang bersifat asam. Kisaran pH yang diperlukan oleh ikan nila yaitu 6-9 (Effendi, 2003).

Ishio *dalam* Wardoyo (1975), mengatakan bahwa pH 4 dan 11 merupakan titik lethal (*death point*) bagi ikan. Tinggi rendahnya pH dalam suatu perairan salah satunya dipengaruhi oleh kotoran dalam lingkungan perairan, khususnya sisa pakan dan metabolisme. Semakin tinggi padat penebaran dalam wadah budi daya akan semakin tinggi pula bahan organik dan sisa metabolisme yang dihasilkan.

Alkalinitas merupakan perubahan yang berhubungan dengan pH. Air yang memiliki alkalinitas tinggi akan menerima asam dalam jumlah yang lebih besar tanpa menyebabkan penurunan pH secara nyata (Vesilind, dkk., 1993). Dengan demikian semakin tinggi padat penebaran yang menimbulkan limbah semakin tinggi akan mempengaruhi dan berbanding lurus terhadap nilai pH dan alkalinitas. Menurut Boyd dan Lichkopler (1990), menyatakan bahwa diperairan alami, alkalinitas total berkisar antara 5 – 500 mg $CaCO_3$ /liter.