

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

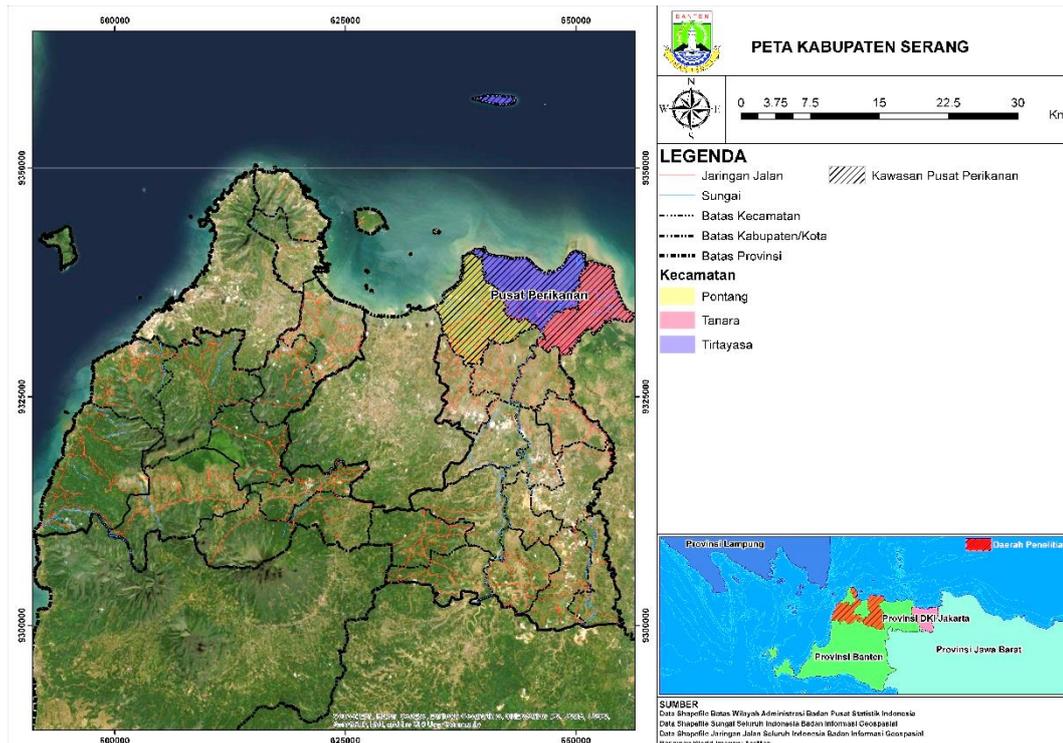
2.1 Profil Kecamatan Pontang Kabupaten Serang

Kecamatan Pontang merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Serang Provinsi Banten. Kecamatan ini terletak di bagian utara Kabupaten Serang pada pesisir Teluk Banten yang berbatasan dengan Laut Jawa. Bagian timur Kecamatan Pontang berbatasan dengan Kecamatan Tirtayasa. Sedangkan bagian barat berbatasan dengan Kecamatan Ciruas dan Kota Serang serta bagian Selatan dengan Kecamatan Lebak Wangi (BPS Kab. Serang, 2017).

Kecamatan Pontang mempunyai potensi sektor perikanan yang besar. Sesuai dengan Peraturan Daerah Nomer 2 Tahun 2013 wilayah ini merupakan zona perikanan budidaya air payau, air laut dan air tawar. Peraturan Daerah Kabupaten Serang No. 7 Tahun 2016 tentang RPJMD Kabupaten Serang menyebutkan bahwa prioritas pembangunan kelautan dan perikanan tahun 2016-2021 adalah Pengembangan Perikanan dan Kawasan Minapolitan. Berdasarkan peraturan tersebut, Kecamatan Pontang merupakan salah satu kawasan minapolitan perikanan budidaya. Minapolitan adalah konsepsi pembangunan ekonomi kelautan dan perikanan berbasis kawasan berdasarkan prinsip-prinsip terintegrasi, efisiensi, berkualitas dan percepatan. Sedangkan pengertian kawasan minapolitan sesuai dengan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor. 12 Tahun 2010, adalah suatu bagian wilayah yang mempunyai fungsi utama ekonomi dan terdiri dari sentra produksi, pengolahan, pemasaran komoditas perikanan, pelayanan jasa, dan/atau kegiatan pendukung lainnya.

Sumber daya alam yang didukung dengan kondisi lingkungan yang baik pada pesisir di Teluk Banten Kabupaten Serang mempunyai potensi besar untuk pengembangan budidaya udang baik secara intensif atau semi intensif. Salah satu kecamatan di wilayah tersebut yaitu Kecamatan Pontang (Sitorus *et al.*, 2005; Farkan *et al.*, 2017). Potensi yang ada telah dimanfaatkan oleh masyarakat menjadi tambak tradisional, intensif atau semi intensif.

Tata letak tambak yang tidak beraturan dan pengelolaan air yang tidak baik pada kawasan tersebut berpotensi terjadi penyebaran bahan pencemar. Bahan pencemar tersebut dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) yaitu biotik dan abiotik. Bahan pencemar biotik seperti algae, parasit, bakteri dan virus. Sedangkan bahan pencemar yang berasal dari abiotik yaitu nitrat dan fosfat.



Gambar 2.1 Kecamatan Pontang sebagai Kawasan Minopolitan
 Sumber : (Bapenas Kabupaten Serang, 2017).

2.2 Bakteri

2.2.1 Pengertian Bakteri

Bakteri bersama dengan *Archaea* termasuk dalam golongan prokariotik. Golongan prokariotik merupakan mikroorganisme yang mempunyai sel dengan intisel primitif, materi inti tersebar pada sitoplasma, tidak mempunyai membran inti sel, dinding sel terbentuk dari peptidoglikan, dan ukuran antara 0,15 sampai dengan 15 μm (Holt *et al.*, 2007; Suwarni, 2015). Secara umum bakteri terdiri dari 11 bagian tubuh yaitu kapsul, dinding sel, membran plasma, mesosoma, sitoplasma, ribosom, DNA, granula, vakuola, klorosom, flagella, dan fimbria. Kapsul

merupakan lapisan paling luar yang menyelimuti dinding sel. Kapsul biasanya dimiliki oleh bakteri yang hidup menempel pada organisme lain dan biasanya bersifat patogen. Sedangkan bakteri pengurai biasanya tidak memiliki kapsul tetapi memiliki lapisan lendir. Dinding sel berfungsi mempertahankan bentuk sel, melindungi fisik, menjaga sel agar stabil, dan tidak hancur pada lingkungan hipotonis (tekanan yang lebih rendah). Membran plasma berfungsi membungkus sitoplasma dan mengatur pertukaran zat yang ada didalam sel dengan zat-zat diluar sel. Mesosom berfungsi untuk menghasilkan energi, membentuk dinding sel baru ketika terjadi pembelahan sel serta menerima DNA disaat konjugasi. Sitoplasma berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi-reaksi metabolisme. Ribosom adalah organel berukuran kecil yang menyebar di dalam sitoplasma dan berfungsi dalam sintesis protein. Ribosom tersusun dari senyawa protein dan RNA. Bakteri memiliki dua DNA (*Deoxyribonucleic acid*) yakni DNA kromosom dan DNA nonkromosom (*plasmid*). Granula-granula pada bakteri berfungsi sebagai tempat menyimpan cadangan makanan.

Bakteri yang melakukan fotosintesa mempunyai vakuola gas dan klorosom. Vakuola yang memungkinkan bakteri mengapung di permukaan air untuk melakukan fotosintesa dengan bantuan sinar matahari. Klorosom berisi klorofil yang terdapat dibawah lipatan membran plasma yang berfungsi untuk fotosintetis. Flagela terdapat pada bakteri yang bergerak (*motil*), organ ini terdapat pada dinding sel berupa bulu cambuk yang tersusun dari senyawa protein yang berfungsi sebagai alat gerak. Fimbria adalah rambut-rambut berdiameter lebih kecil dari flagella, menempel di sekitar dinding sel, struktur seperti flagela. Fimbria juga berfungsi membantu melekatkan bakteri pada media dan sel bakteri lainnya sehingga terjadi transfer DNA saat terjadinya konjugasi.

2.2.2 Jenis-jenis Bakteri

Bakteri menurut kebutuhan oksigen dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Bakteri aerob obligat adalah bakteri yang mampu tumbuh dan berkembang dengan keberadaan oksigen;

2. Bakteri anaerob obligat adalah bakteri yang mampu tumbuh dan berkembang tanpa oksigen;
3. Bakteri anaerob fakultatif adalah bakteri yang mampu tumbuh dan berkembang tanpa oksigen maupun dengan keberadaan oksigen.

Bakteri menurut cara memperoleh makanan dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Bakteri autotrof adalah bakteri yang membuat makanan sendiri dengan memanfaatkan bahan anorganik di lingkungan menjadi bahan organik;
2. Bakteri heterotrof adalah bakteri hidupnya dengan mengambil zat organik di lingkungan karena tidak mampu menyusun sendiri zat organik.

Bakteri heterotrof berdasarkan cara memperoleh makanannya dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Bakteri saprofit adalah bakteri yang mendapatkan makanan (zat organik) dari sampah, kotoran, bangkai;
2. Bakteri patogen/parasitik adalah bakteri yang memperoleh makanannya (zat organik) dari inangnya.

Bakteri melalui pewarnaan gram yaitu menurut struktur dan susunan dinding sel dapat dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Bakteri gram positif yaitu hasil pewarnaan gram menunjukkan warna ungu, mempunyai dinding sel yang tebal (15-80 μm) dan komposisi lipid yang rendah (1-4%) serta peptidoglikan lebih banyak (sampai dengan 50%).
2. Bakteri gram negatif yaitu hasil pewarnaan gram menunjukkan warna merah muda, mempunyai dinding sel yang relatif lebih tipis (10-15 μm) dan komposisi lipid yang lebih tinggi (11-22%) serta peptidoglikan yang lebih rendah yaitu \pm 10% (Pelczar *et al.*, 1981).

2.2.3 Bakteri dan Proses Penguraian

Lingkungan dan bakteri merupakan hal yang saling terkait dimana bakteri berperan dalam proses dekomposisi, terkait dengan siklus nutrisi serta aliran energi. Polutan bagi bakteri heterotrof/autotrof merupakan sumber nutrisi yang dapat digunakan dalam metabolismenya sehingga dapat dikatakan bakteri mempunyai peran dalam lingkungan (Azam dan Malfatti, 2007). Bakteri heterotrof

memanfaatkan polutan organik sebagai sumber nutrient. Purushothaman dan Jayalakshmi (2006) menyatakan bahwa bakteri heterotrof berperan sebagai pengurai karbon, nitrogen dan fosfat. Secara umum, jenis bakteri heterotrof yang ditemukan di perairan tawar dan estuarin berbeda. *Vibrio*, *Pseudomonas* dan *Bacillus* banyak ditemukan di lingkungan estuarin. Bakteri *Bacillus* dan *Pseudomonas* mempunyai peran mendegradasi protein dan kitin, sedangkan *Vibrio* mampu mendegradasi kitin (Lyla and Khan, 2006).

Kelimpahan bakteri pada suatu perairan dikaitkan dengan perannya sebagai pengurai bahan organik. Semakin tinggi kelimpahannya di perairan mengindikasikan bahwa pada lingkungan tersebut mempunyai bahan organik yang tinggi pula. Bahan organik yang tinggi pada suatu perairan dapat menunjukkan bahwa perairan tersebut tercemar. Kelimpahan bakteri heterotrof pada hutan mangrove berkisar 760×10^6 - 5.620×10^6 (Alva *et al.*, 2017). Sutiknowati (2018) menyebutkan perairan dengan kondisi bersih di Pulau Weh mempunyai kelimpahan bakteri heterotrof sebesar 2×10^2 - $1,05 \times 10^6$ CFU/mL. Pantai dengan lamun mempunyai kelimpahan bakteri heterotrof sebesar $3,3 \times 10^8$ - $29,4 \times 10^8$ (Yunita *et al.*, 2018). Kelimpahan bakteri heterotrof pada budidaya dengan sistem silvofishery sebesar $1,5$ - $6,5 \times 10^2$ CFU/mL (Setyastuti *et al.*, 2020). Sedangkan Taslihan (2017) menyebutkan bahwa perairan dengan kelimpahan bakteri sebesar 10^6 berbahaya bagi nekton terutama udang.

Peran bakteri lingkungan banyak dimanfaatkan untuk melakukan remediasi atau perbaikan kondisi di suatu lingkungan. Siklus biogeokimia dalam lingkungan meliputi siklus nitrogen, karbon, sulfur dan phosphor pada perairan. Siklus-siklus tersebut tidak lepas dari peran mikroorganisme termasuk bakteri. Nitrogen di daratan dapat masuk ke perairan melalui aliran air dari kegiatan pertanian, peternakan serta kegiatan rumah tangga. Nitrogen juga dapat berasal dari udara yang memasuki perairan melalui tetesan air hujan (Follett and Hatfield, 2001). Selain itu, nitrogen pada perairan juga dapat berasal dari sisa pakan dan metabolisme pada kegiatan budidaya ikan (Garno, 2004; Bayu *et al.*, 2016; Saut *et al.*, 2018). Pada siklus nitrogen atau yang sering disebut biogeokimia nitrogen terjadi 5 proses yaitu amonifikasi, nitrifikasi, asimilasi nitrogen, denitrifikasi, dan

fiksasi nitrogen. Siklus biogeokimia ini melibatkan bakteri dalam proses perombakannya. Proses tersebut diawali nitrogen organik dari sisa pakan dan metabolisme diubah menjadi amonia (NH_3) yang disebut dengan amonifikasi. Nitrifikasi merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan oksidasi nitrit menjadi nitrat. Asimilasi nitrogen merupakan proses pemanfaatan nitrogen oleh organisme lain untuk pembentukan asam amino seperti pada bakteri, alga seluler, diatome dan tumbuhan tingkat tinggi lainnya. Denitrifikasi merupakan proses reduksi nitrat (NO_3) menjadi Nitrit (NO_2), gas nitrous oxide (N_2O) dan molekul nitrogen (N_2). Fiksasi nitrogen merupakan suatu reaksi pengikatan gas nitrogen menjadi amonia dan nitrogen organik yang melibatkan bakteri dan algae (Hargreaves, 1998).

Aktivitas bakteri pada siklus nitrogen pada perairan estuarin terutama pada kawasan daerah mangrove melibatkan bakteri AOB (*Ammonia Oxidizing Bacteria*) dan NOB (*Nitrite Oxidizing Bacteria*) yang berperan pada proses nitrifikasi, DNRA (dissimilatory nitrate reduction to ammonium) serta bakteri yang berperan pada amonifikasi, denitrifikasi. Aktivitas nitrifikasi banyak dilakukan oleh bakteri autotroph seperti *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus*, dan *NitrosoVibrio*. Aktivitas denitrifikasi pada umumnya dilakukan oleh bakteri heterotrof fakultatif anaerob seperti *Alteromonas*, *Pseudomonas*, *Eryhrobacter*, *Alcaligenes*, *Aquaspirillum*, dan *Brachyomonas denitrificans* (Zumft, 1992; Leta *et al.*, 2004; Hastuti, 2011). Aktivitas bakteri nitrogen dalam siklus nitrogen lebih banyak menghasilkan amonia (NH_3) yang terdapat pada sedimen, hal tersebut terkait proses amonifikasi yang dilakukan oleh bakteri heterotrof yang mampu menggunakan nitrogen organik menjadi amonium (Iswantari *et al.*, 2014).

Penggunaan bakteri untuk meremediasi total ammonia nitrogen (TAN) untuk mengurangi keberadaan nitrogen yang bersifat toksik dalam perairan budidaya saat ini menjadi tren. Susanti *et al.*, (2014) dan Silva (2013) menyebutkan bahwa bakteri yang efektif untuk mengurangi nilai TAN dalam perairan estuarin adalah bakteri heterotrofik seperti *Campylobacter*, *Listeria* dan *Nitrosococcus*. Bakteri *Candidatus Scalindua* sp yang tergolong pada Proteobacteria juga mampu

meremidiasi nitrogen tinggi yang terdapat pada air dengan salinitas tinggi (Ali, Shaw and Saikaly, 2020).

Selain nitrogen, terdapat sulfur yang merupakan bahan pencemar. Sulfur di perairan terutama pada lingkungan budidaya ikan berasal dari akumulasi sisa pakan dan metabolisme serta dari limbah yang terendap pada sedimen. Sulfur tersebut akan dirombak menjadi hidrogen sulfida (H_2S) dengan peran dari bakteri *sulfur reducing bacteria* (SRB) dan merupakan bakteri heterotrof anaerob. Keberadaan bakteri tersebut juga diduga mampu mengubah asam sulfat (H_2SO_4) yang merupakan zat beracun menjadi H_2S (Fahrudin dan Abdullah, 2018). Pada sedimen perairan yang terlalu banyak terakumulasi dengan H_2S akan berwarna hitam dan bau yang bersifat toksik bagi nekton. Penggunaan kincir air dan probiotik pada tambak sangat membantu mengurangi H_2S (Hidrogen sulfida), thiosulfate dan elemen sulfur tersebut akan digunakan oleh bakteri *sulfur oxidazing bacteria* (SOB) sebagai elektron aseptor. Bakteri tersebut merupakan bakteri aerob yang banyak ditemukan di lapisan sedimen atas. Bakteri-bakteri yang melakukan SOB adalah *ThioBacillus* sp, *Bagiataoa* sp, *Thiothrix* sp, dan *Thiovullum* sp (Gunarto, 2006).

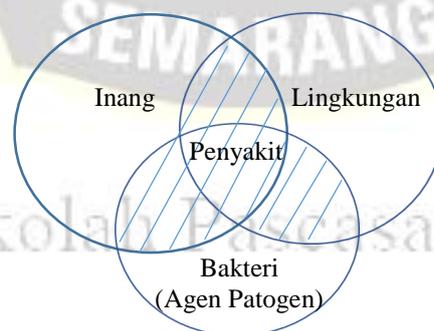
Kadar H_2S pada perairan juga dikaitkan dengan jenis tanah dasar perairan dan kandungan oksigen serta pada tambak juga dipengaruhi oleh diameter *central outlet*. Pada sedimen yang berpasir, tanah bersifat porus dengan kadar oksigen terlarut lebih besar dan bakteri pengoksidasi sulfur yang menempel pada butiran pasir lebih banyak melakukan oksidasi sehingga akumulasi H_2S rendah. Pada tambak dengan diameter *central drain* yang besar juga berpengaruh pada semakin banyaknya sedimen yang terbuang ke luar tambak dimana pada sedimen tersebut banyak terdapat bahan organik yang ikut terbuang sehingga kadar H_2S juga rendah (Triani *et al.*, 2005).

2.2.4 Bakteri Patogen pada Ikan

Bakteri banyak ditemukan pada lingkungan perairan, sebagian sebagai dekomposer dan sebagian bakteri sebagai parasit bagi biota lain. Bakteri yang bersifat parasit erat kaitannya dengan bakteri patogen dimana bakteri tersebut menempel pada biota lain dan memanfaatkannya sebagai sumber energi. Bakteri

tersebut menyebabkan kerugian bagi biota yang ditumpanginya. Keberadaan bakteri tersebut dapat menimbulkan penyakit bagi inangnya apabila interaksi antara lingkungan, agen patogen dan inang tidak seimbang (Sarjito *et al.*, 2013). Faktor lingkungan meliputi kualitas air fisika, kimia dan biologi serta kondisi sekitar perairan. Faktor patogen meliputi jenis, jumlah dan keganasan agen patogen, sedangkan umur, jenis dan kondisi nektonsa merupakan faktor inang.

Jenis bakteri patogen yang menginfeksi pada ikan perairan tawar akan berbeda dengan estuarin. Pada air tawar ditemukan bakteri patogen seperti *Aeromonas* sp, *Pseudomonas* sp, kelompok *Enterobacter* seperti *Yersinia ruckerii*, *Edwarshiella tarda*, *Edawarshiella ictaluri* (Austin and Austin, 2012). *Yersinia ruckerii* sebagai bakteri patogen yang biasa ditemukan pada air tawar, juga ditemukan pada biota laut seperti brachiopods, scallops, and crustacea yang juga berpotensi patogen. Hal tersebut terlihat adanya aktivitas imunologi yang merupakan mekanisme reaksi suatu biota akan adanya infeksi (Chistyulin *et al.*, 2017). Bakteri *Vibrio* dan bakteri jenis lainnya banyak di temukan pada perairan estuarin dan umumnya bakteri tersebut merupakan bakteri *opportunistik* yang berpotensi patogen bagi inangnya apabila kondisi tidak seimbang. Pada saluran cerna udang windu ditemukan bakteri *Vibrio* sp. dan *Photobacterium damsela* yang merupakan bakteri patogen pada ikan, tetapi tidak dilaporkan bahwa udang windu tersebut menunjukkan sakit (Mongkol *et al.*, 2017).



Gambar 2.2 Hubungan interaksi antara inang, bakteri patogen dan lingkungan, penyebab penyakit
(Sumber : Sarjito *et al.*, 2013)

Infeksi bakteri *Vibrio parahaemolyticus* pada udang menyebabkan penyakit *Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease* (AHPND) yang dilaporkan pertama kali pada 2010 di China dan berlanjut ke Malaysia, Vietnam, Thailand, India sampai ke negara-negara lain. Penyakit ini yang telah menyebabkan kerugian dan dampak negatif pada bidang ekonomi, sosial, konservasi, lingkungan (Flegel, 2012; FAO, 2013). *Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease* ini diduga disebabkan oleh *Vibrio parahaemolyticus* yang mempunyai zat toksin Pir A dan Pir B (OIE, 2019a). Tiga tahun terakhir mulai ditemukan bakteri lain penyebab penyakit tersebut, yaitu *Vibrio campbellii*, *Vibrio harveyi* dan *Vibrio owensii* (Mongkol *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2018; Wangman *et al.*, 2018). Kelompok bakteri *Vibrio* juga diketahui menyebabkan penyakit *Vibriosis* yang banyak menyerang udang di Indonesia. Serangan bakteri tersebut menimbulkan kerugian yang cukup besar. Bakteri patogen tersebut adalah *Vibrio vulnificus*, *Vibrio mimicus*, *Vibrio damsela*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio fluvialis* (Sarjito *et al.*, 2015).

Selain jenis bakteri, kelimpahan bakteri juga berpengaruh pada serangan penyakit. *Vibrio* yang merupakan bakteri oportunistik harus dikendalikan kelimpahannya. Kharisma dan Manan (2012) menyebutkan bahwa kelimpahan *Vibrio* sp sebesar 10^4 CFU/ml berpotensi menyebabkan penyakit *Vibriosis* pada udang. Udang yang terpapar *Vibrio* pada kelimpahan 10^4 CFU/ml masih terlihat sehat tetapi mulai menunjukkan gejala sakit dan akan menjadi sakit apabila terpapar dalam waktu panjang. Kelimpahan bakteri *Vibrio* 10^5 CFU/ml akan membuat kematian udang setelah 12 jam terpapar (Kurniawan *et al.*, 2014). Taslihan (2017) dan Sani *et al.* (2020) juga menyebutkan bahwa kolam dengan kelimpahan bakteri *Vibrio* sebesar 10^4 CFU/ml akan menyebabkan sakit pada ikan dan terlihat ketidaknormalan pada hepatopankreasnya.

Keberadaan bakteri patogen pada ikan dapat dikendalikan dengan menggunakan bakteri jenis lain dengan cara menghambat pertumbuhannya. Feliatra *et al.* (2019) melaporkan bahwa *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* mampu menghambat bakteri patogen pada ikan seperti *Vibrio* sp, *Aeromonas hydrophila* dan *Pseudomonas* sp. Keberadaan bakteri-bakteri patogen pada nekton juga dapat menyebabkan infeksi pada manusia. *Vibrio parahaemolyticus* dan *Edwardsiella*

tarda yang merupakan bakteri patogen pada nekton yang dapat menginfeksi manusia. Bakteri tersebut dapat menyebabkan penyakit lampung.

2.3 Saprobitas

Saprobitas menggambarkan kondisi biologi perairan yang disebabkan oleh pencemaran bahan organik. Saprobitas biasa digunakan untuk mengetahui kondisi pencemaran/kesuburan perairan berdasarkan taksonomi dan analisa kuantitatif organisme penyusun lingkungan. Organisme tersebut mulai dari prokariot, algae, dan protozoa sampai tumbuhan tingkat tinggi serta vertebrata seperti ikan. Hubungan organisme tersebut saling berkaitan satu dengan yang lainnya. Keberadaan bakteri yang berperan dalam berbagai siklus dekomposisi yang mampu menyediakan nutrisi yang dapat digunakan oleh fitoplankton dan tumbuhan air lainnya. Secara langsung dan tidak langsung, keberadaan fitoplankton tersebut akan berperan pada komposisi organisme suatu perairan. Keberadaan fitoplankton tersebut digunakan sebagai indikator pencemaran/kesuburan. Komposisi fitoplankton pada suatu perairan, terutama pada tambak intensif biasanya akan berubah-ubah (mengalami suksesi) yang dipengaruhi oleh kondisi kualitas air. Amoniak-N serta perbandingan nitrogen dan fosfor yang sangat berperan penting pada perubahan komposisi tersebut (Qiao *et al.*, 2020). Komposisi dan kelimpahan plankton pada tambak tradisional yang tidak dilakukan pengelolaan air menunjukkan nilai rendah (Suwandana *et al.*, 2018).

Zahradkova dan Soldan (2008) menyebutkan saprobitas secara garis besar dibedakan menjadi 4 kategori yaitu:

1. *Catharobitas*, merupakan air bawah tanah yang tidak tercemar seperti air sumber air minum;
2. *Limnosaprobitas*, merupakan air permukaan yang menunjukkan level pencemaran yaitu *xenosaprobitas*, *oligosaprobitas*, *β-mesosaprobitas*, *α-mesosaprobitas*, *polysaprobitas*;
3. *Eusaprobitas*, merupakan air limbah;
4. *Transsaprobitas*, merupakan air yang terkontaminasi dimana bahan organik sama sekali tidak bisa didekomposisi sehingga perairan bersifat toksik.

Mez (1898) dalam Persoone (1978) membagi tingkatan saprobitas menjadi 4 (empat) kategori yang berkaitan dengan organisme yang berada di lingkungan yaitu:

1. Polisaprobik (perairan tercemar berat)

Kondisi perairan biasanya ditandai dengan oksigen terlarut rendah dan cenderung anaerob. Senyawa kimia yang ada adalah amonia, hidrogen sulfida dan karbondioksida pada konsentrasi tinggi. Kondisi tersebut bersifat toksik dan tingkat kesuburan rendah, hanya organisme tertentu yang mampu mentoleransinya seperti ganggang hijau, *rhyzopoda*, *zooflagelata*, *protozoa* bersilia, cacing *tubifex*, *Chrinomuthummi* dan tidak ditemukan ikan pada perairan tersebut.

2. α – Mesosaprobik (perairan dengan pencemaran sedang sampai berat)

Asam amino dan asam lemak akan ditemukan pada perairan ini. Proses oksidasi menurun karena keberadaan oksigen bebas mulai banyak, akumulasi hidrogen sulfida yang ditandai air menjadi hitam dan bau menyengat. Perairan ini bukan perairan yang subur. Organisme yang biasa berada pada perairan ini adalah jamur dan biasanya didominasi oleh bakteri *Sphaerotilus natans*.

3. β – Mesosaprobik (perairan dengan pencemaran sedang sampai ringan)

Perairan bersifat aerobik sehingga fotosintesa masih dapat terjadi yang ditandai dengan melimpahnya vegetasi air dan proses dekomposisi oleh mikroorganisme masih bisa berlangsung. Banyak organisme makrobenthos yang hidup pada kondisi ini seperti moluska, insekta, cacing *hirudinae* serta ikan dari golongan *cyprinid*.

4. Oligosaprobik (perairan dengan pencemaran ringan)

Perairan yang ditandai dengan oksigen yang melimpah dan semua proses biogeokimia masih berjalan dengan baik.

Trophic-Saprobik (TROSAP) merupakan metode analisa struktur komunitas jasad renik untuk evaluasi kualitas air, terutama ditinjau dari derajat pencemaran dan tingkat kesuburan di dalam badan air. Trosap biasanya digunakan juga sebagai alat untuk menilai kelayakan suatu perairan untuk kegiatan budidaya, Metode ini berkaitan dengan penilaian terhadap sifat-sifat kultivan, fisika-kimia air,

bioteknis budidaya dan parameter penunjang lainnya (Anggoro, 1988). Analisa trosap didasarkan pada struktur tropik plankton dan benthos yang dikompositkan pada berbagai tingkatan saprobitas. Prinsip dasar analisa Trosap (Anggoro, 1988) sebagai berikut:

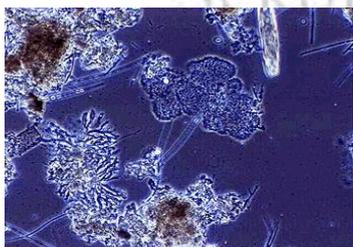
1. Analisa TROSAP secara umum menggunakan evaluasi pada parameter penyubur (indikator trophik) dan parameter pencemar (indikator saprobik) guna menilai kualitas air dan kelayakan bagi stasiun budidaya.
2. Parameter biotik dan abiotik yang digunakan adalah:
 - a. Biotik seperti kelimpahan plankton dan benthos, keanekaragaman plankton dan benthos serta keberadaan bakteri sebagai faktor penunjang;
 - b. Abiotik yaitu sifat fisika kimia seperti suhu, salinitas, pH, DO, BOD, kesadahan, alkalinitas, kecerahan, kekeruhan, daya hantar listrik, kedalaman air, padatan terlarut, nitrat, Fosfat, NH_3 , kekuatan arus dan gelombang serta logam berat.

Tingkatan saprobitas ditentukan oleh Indeks Saprobitik (SI) dan Indeks Tropik Saprobitik (TSI) dengan kriteria penilaian seperti pada Tabel 2.1.

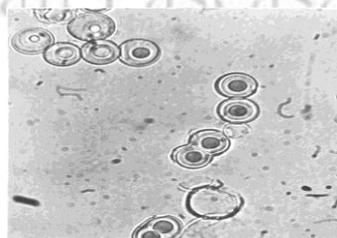
Tabel 2.1 Kriteria tingkat saprobitas perairan

Nilai SI dan TSI	Tingkat Saprobitas	Indikasi
< -3 s/d -2	Polisaprobitik	Pencemaran berat
< -2 s/d 0,5	α - Mesosaprobitik	Pencemaran sedang sampai berat
0,5 s/d 1,5	β - Mesosaprobitik	Pencemaran ringan sampai sedang
1,5 s/d 2,0	Oligosaprobitik	Pencemaran ringan atau belum

Organisme penyusun sesuai dengan tingkatan saprobitas dapat dilihat pada Gambar 2.3, Gambar 2.4, Gambar 2.5, dan Gambar 2.6.



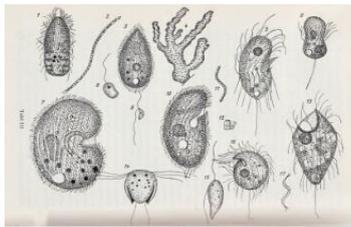
1. *Zooglea ramigera*



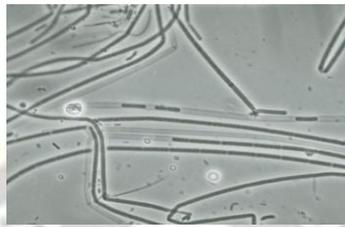
2. *Sarcina paludosa*



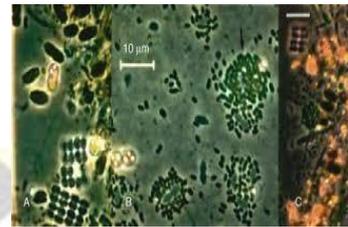
3. *Beggiota alba*



4. *Sphaerotilus natans*



5. *Sphaerotilus natans*



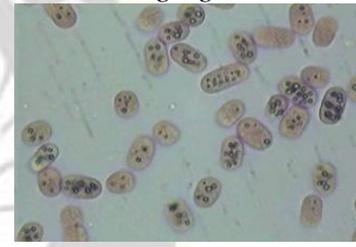
6. *Chlorobacterium agregatum*



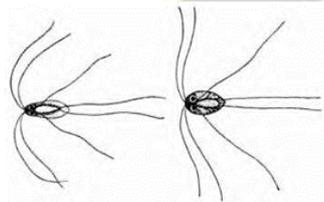
7. *Oscillatoria putrida*



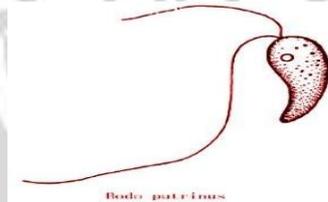
8. *Spirulina jenneri*



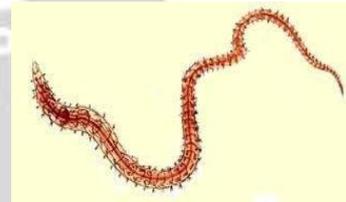
9. *Chromatium okenii*



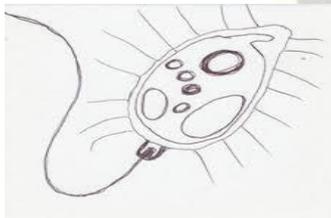
10. *Trigonum compressa*



11. *Bodo putrinus*



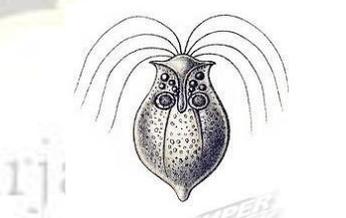
12. *Tubifex rivulorum*



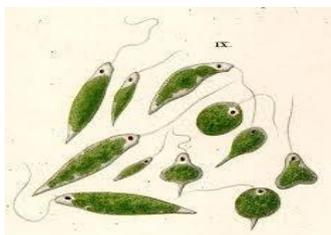
13. *Hexotrica caudate*



14. *Achromatium oxaliferum*



15. *Tetramitus pyriformis*



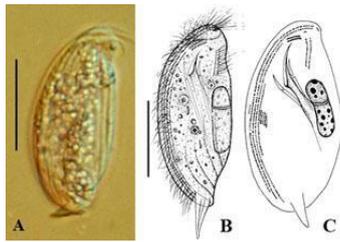
16. *Euglena viridis*



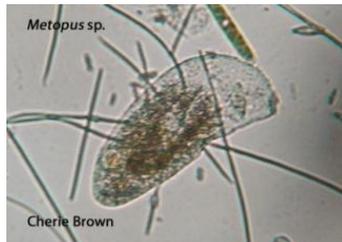
17. *Enchelys caudate*



18. *Glaucocystis scintillans*



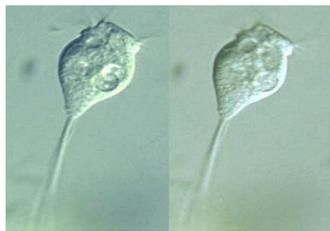
19. *Trimyema compressa*



20. *Metopus sp.*



21. *Saprodenium dentatum*



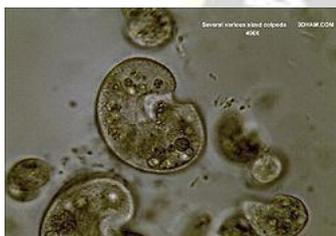
22. *Vorticella microstoma*



23. *Rotary neptunia*



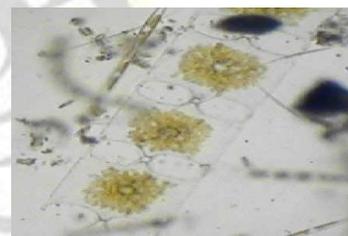
24. Larva of *eriscalis*



25. *Colpidium colpoda*



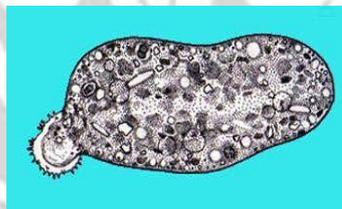
26. *Lamprocystis rose p.*



27. *Bidullphia sp.*



28. *Clamydomonas sp.*



29. *Pelomixa palustris*

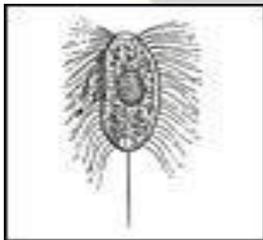
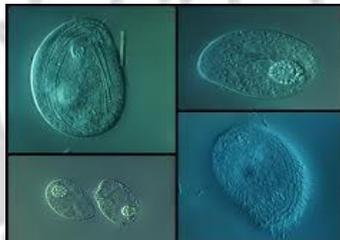
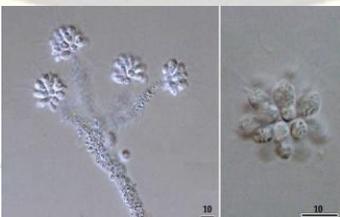


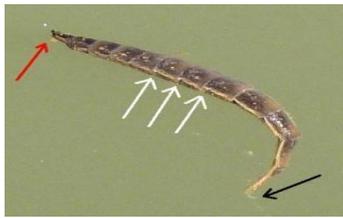
30. *Chiromonas thummi*



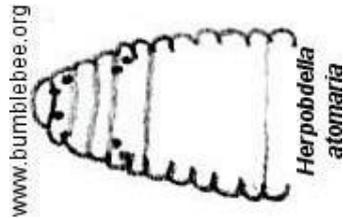
31. *Caenomorpha medusula*

Gambar 2.3 Kelompok organisme penyusun perairan polisaprobik

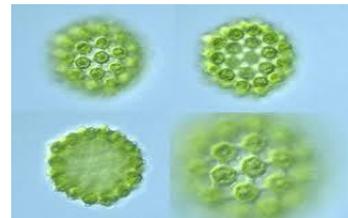
1. *Lenamitus lacteus*2. *Oscillatoria formosa*3. *Nitzschia palaea*4. *Chilomonas paramecium*5. *Hantzschia amphioxys*6. *Stephanodiscus* sp.7. *Stentor coeruleus*8. *Spirostomum ambiguum*9. *Sphaerium cornium*10. *Uronema marinum*11. *Chilodenella uncinata*12. *Closterium uncinatum*13. *Closterium acresum*14. *Anthophsa vegetans*15. *Vorticella convalararis*



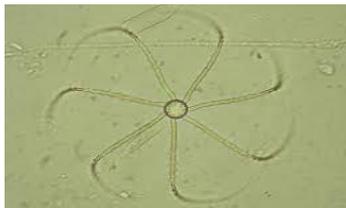
16. *Stratomis chamaelon*



17. *Herpobdella atomaria*



18. *Coelastrum* sp.



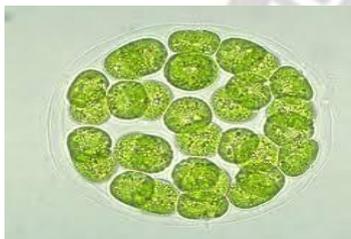
19. *Chaetoceros* sp.



20. *Rhizosolenia* sp.

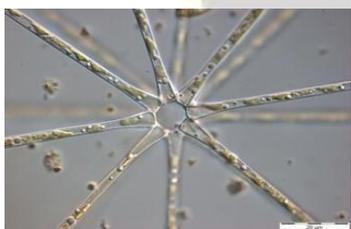


21. *Navicula* sp.

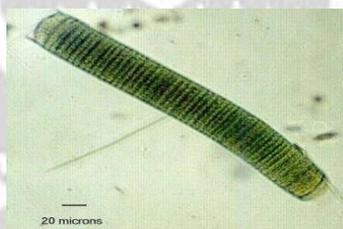


22. *Eudorina* sp.

Gambar 2.4 Kelompok organisme penyusun perairan α – Mesosaprobik



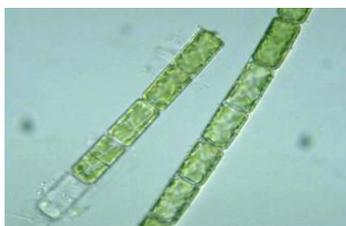
1. *Asterionella Formosa*



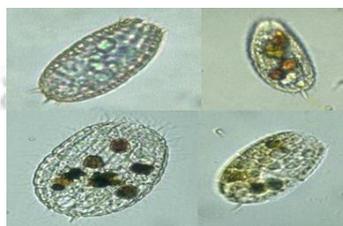
2. *Oscillatoria rubescens*



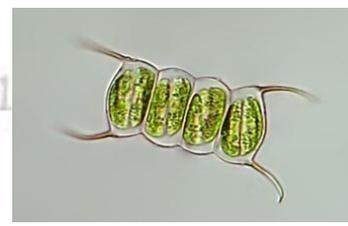
3. *Oscillatoria redekeii*



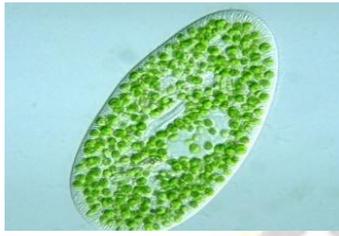
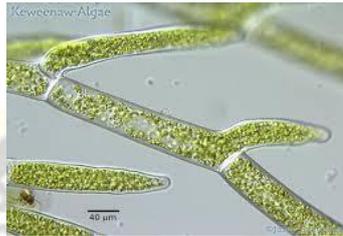
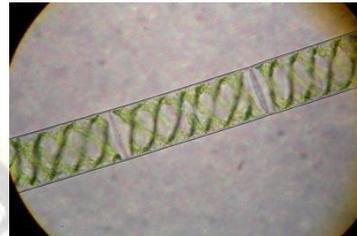
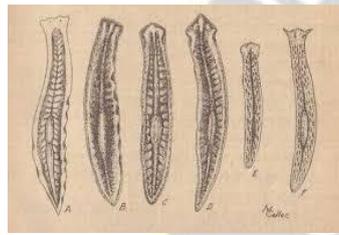
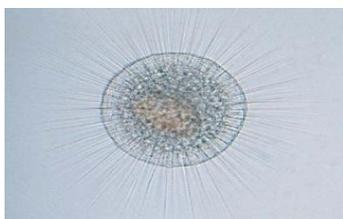
4. *Melosira varians*

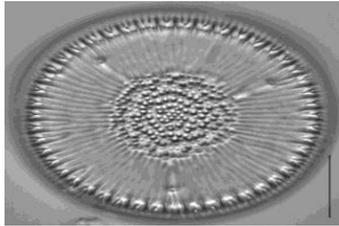
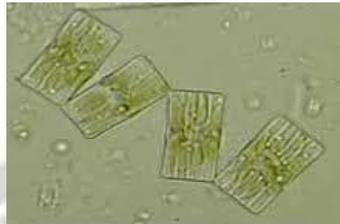
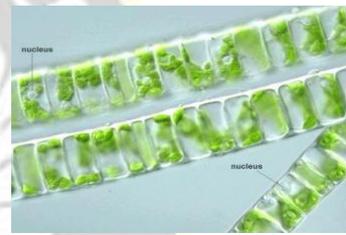
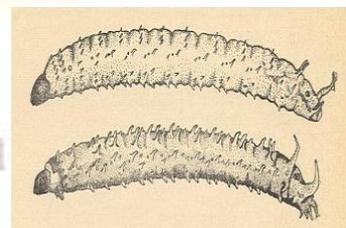


5. *Colleps hirtus*

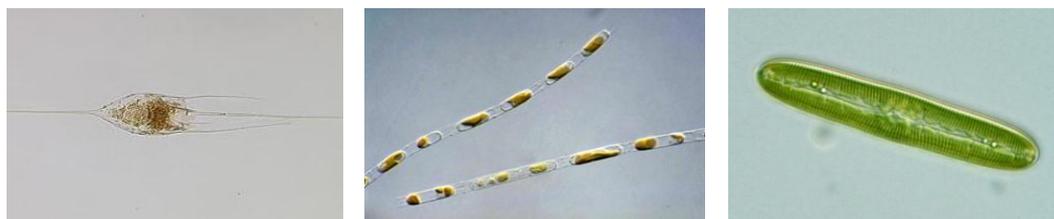


6. *Scenedesmus caudicaudata*

7. *Aspedisca lynceus*8. *Synura uvella*9. *Tabellaria fenestrata*10. *Paramecium bursaria*11. *Cladophora erispata*12. *Spyrogira crassa*13. *Polycelis cornuta*14. *Uroglena volvox*15. *Stylaria lacustris*16. *Hydropsyche lepida*17. *Cloendipterum larva*18. *Branchionus ureus*19. *Actinosphaerium eichhornii*20. *Nauplius sp.*21. *Anabaena sp.*Gambar 2.5 Kelompok organisme penyusun perairan β – Mesosaprobik

1. *Cyclotella bodanica*2. *Synedra acus* var.3. *Holteria cirrivera*4. *Holopedium gibberum*5. *Tabellaria flocculosa*6. *Bibochaeta mirabilis*7. *Strombidinopsis* sp.8. *Staurastrum puntulatum*9. *Ulotrix zonata*10. *Vorticella nebulivera*11. *Cladophora glomerata*12. *Eastrium oblongum*13. *Fontilus antifyrotica*14. *Planaria gonocephala*

15. Larva of oligoneura

16. *Notholca longispina*17. *Skeletonema* sp18. *Pinnularia* sp.

Gambar 2.6 Kelompok organisme penyusun perairan Oligosaprobik

2.4 Kualitas Air

Kualitas air memegang peranan penting bagi biota perairan sehingga air yang digunakan harus bebas dari bahan-bahan beracun/pencemar dan bahan-bahan lain yang tidak diperlukan. Perairan yang tercemar akan berpotensi menurunkan daya guna, hasil guna, produktivitas, daya dukung dan daya tampung dari suatu lingkungan (Gholizadeh *et al.*, 2016). Status kualitas air suatu perairan dapat ditentukan dengan membandingkannya dengan suatu baku mutu/standar yang telah ditetapkan. Salah satu cara untuk menentukan status perairan dengan menggunakan parameter yang ada dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 dengan kriteria seperti pada Tabel 2.2.

Indeks pencemaran ditentukan dengan menggunakan Indeks pencemaran pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 dengan kriteria sebagai berikut:

- $0 \leq P_{ij} \leq 1,0$: Kondisi baik sesuai dengan baku mutu
 $1,0 \leq P_{ij} \leq 5,0$: Kondisi tercemar ringan
 $5,0 \leq P_{ij} \leq 10$: Kondisi tercemar sedang
 $P_{ij} > 10,0$: Kondisi tercemar berat

Keterangan:

P_{ij} adalah Indeks pencemaran

Tabel 2.2 Parameter kualitas air laut untuk biota laut

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1.	Suhu	(°C)	28-32
2.	pH	-	7 – 8,5
3.	Salinitas	‰	s/d 34

Lanjutan Tabel 2.2...

4.	Oksigen terlarut (DO)	mg/l	> 5
5.	BOD	mg/l	20
6.	Ammonia total (NH ₃ -N)	mg/l	0,3
7.	Fosfat (PO ₄ -P)	mg/l	0,015
8.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	0,008
9.	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,01

2.4.1 Parameter Fisika

Suhu merupakan salah satu faktor pembatas pertumbuhan bakteri (Boyd, 2020). Suhu memegang peranan penting dalam ketersediaan oksigen dalam air. Peningkatan suhu air akan menurunkan kemampuan air untuk mengikat oksigen. Suhu optimal bagi pertumbuhan bakteri berkisar antara 30 – 35 °C. Bakteri akan mengalami penurunan proses pertumbuhan dan respirasi pada suhu yang lebih rendah. Hukum Van Hoff menyatakan bahwa pertumbuhan bakteri akan meningkat 2-3 kali lipat per 10 °C kenaikan suhu. Mayo dan Noike (1996) menyebutkan pertumbuhan bakteri akan melambat pada suhu 10-20 °C dan pesat pada suhu 35 °C. Kelimpahan bakteri *Vibrio* sp pada perairan estuarin akan cenderung lebih tinggi pada suhu 25 °C dibanding pada suhu 12 °C (Eiler *et al.*, 2007). Pertumbuhan fitoplankton akan meningkat pada suhu yang tinggi (Qiao *et al.*, 2020).

2.4.2 Parameter Kimia

1. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) air menunjukkan aktivitas dari ion hidrogen dalam air dan dinyatakan dalam skala 0 – 14. Derajat keasaman netral ditunjukkan dengan angka 7, apabila nilai dibawah 7 maka akan bersifat asam dan diatas 7 maka akan bersifat basa atau alkali. Derajat keasaman suatu perairan sangat dipengaruhi oleh keberadaan karbondioksida (CO₂) dimana nilainya akan tinggi saat tumbuhan/fitoplankton melakukan fotosintesa pada siang hari dan sebaliknya pada malam hari. Selain itu pH juga dipengaruhi oleh aktivitas biologis dan suhu. Perubahan nilai pH juga akan berpengaruh dengan aktivitas biologis dalam perairan

seperti proses dekomposisi yang dilakukan oleh mikroorganisme. Organisme perairan, baik bakteri maupun fitoplankton dapat melakukan aktivitas secara ideal pada pH 7–8,5. Kondisi asam-basa akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan respirasi (Effendi, 2003). Aktivitas dekomposisi oleh bakteri akan lebih cepat pada perairan dengan kondisi basa dibanding asam (Boyd, 2020).

2. DO (Dissolved Oxygen)

Dissolved Oxygen menunjukkan banyaknya oksigen terlarut yang terdapat di dalam air. Kandungan oksigen terlarut merupakan kebutuhan dasar nekton. Oksigen di perairan berasal dari proses fotosintesis dari fitoplankton atau jenis tumbuhan air, dan melalui proses difusi dari udara (APHA, 2017). Oksigen memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Aktivitas bakteri aerobik sangat tergantung pada kondisi oksigen terlarut, sedangkan bakteri aerobik fakultatif dan anerobik masih bisa melakukan aktivitasnya dengan oksigen yang terbatas (Boyd, 2020). Perairan dengan kelimpahan bakteri yang tinggi cenderung mempunyai kandungan oksigen terlarut yang rendah (Effendi, 2003; Hidayah *et al.*, 2016). Perairan dengan kondisi aerob, oksigen berperan untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrient dan gas. Nutrien tersebut berkaitan dengan kesuburan perairan. Karena proses oksidasi dan reduksi inilah maka peranan oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran, yang ditujukan untuk memurnikan air buangan industri dan rumah tangga (Salmin, 2005).

Kadar oksigen terlarut dalam perairan alami tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan atmosfer. Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian dan musiman, tergantung pada pencampuran dan pergerakan massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah yang masuk ke badan air. Penurunan DO di air dapat terjadi karena suhu yang tinggi, proses respirasi, masukan bahan organik, proses dekomposisi serta tingginya salinitas. Pada perairan yang tercemar akan mempunyai kecenderungan nilai oksigen terlarut yang rendah (Effendi, 2003). Anggoro *et al.* (2013) dalam penelitiannya menyebutkan DO berhubungan dengan saprobitas.

3. BOD (Biological Oxygen Demand)

Kebutuhan oksigen biologi (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme pada saat pemecahan bahan organik, pada kondisi aerob. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh mikroorganisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi (Salmin, 2005). Parameter BOD, secara umum banyak dipakai untuk menentukan tingkat pencemaran air. Sesungguhnya penentuan BOD merupakan suatu prosedur bioassay yang menyangkut pengukuran banyaknya oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik yang ada dalam suatu perairan, pada kondisi yang hampir sama di alam. Selama pemeriksaan BOD, contoh yang diperiksa harus bebas dari udara luar untuk mencegah kontaminasi dari oksigen yang ada di udara bebas. Konsentrasi air buangan tersebut juga harus berada pada suatu tingkat pencemaran tertentu, hal ini untuk menjaga supaya oksigen terlarut selalu ada selama pemeriksaan. Hal ini penting diperhatikan mengingat kelarutan oksigen dalam air terbatas dan hanya berkisar ± 9 ppm pada suhu 20°C (Salmin, 2005). Biological oxygen demand pada perairan umumnya berkisar 1 – 10 ppm dan pada kebutuhan BOD perairan dengan pencemaran tinggi biasanya tinggi pula. Hal tersebut dimungkinkan karena aktivitas mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik/anorganik (Boyd, 2020).

4. Salinitas

Konsentrasi rata-rata seluruh garam yang terdapat di dalam air laut dikenal sebagai salinitas. Konsentrasi ini biasanya sebesar 3% dari berat seluruhnya. Mereka biasanya lebih sering disebut sebagai bagian perseribu atau biasa ditulis dengan 35 ‰. Konsentrasi garam-garam ini jumlahnya relatif sama dalam setiap contoh air laut (Hutabarat dan Evans, 1985). Salinitas adalah hal yang sangat penting bagi kehidupan fitoplankton terutama dalam hubungannya dengan keseimbangan tekanan organisme tersebut dengan medium air sekelilingnya. Setiap spesies mempunyai toleransi yang berbeda-beda terhadap salinitas, hal ini dipengaruhi oleh cara adaptasi dalam pengendalian tekanan.

Beberapa jenis fitoplankton ada yang tahan terhadap perubahan salinitas yang besar dan ada pula yang rentan terhadap perubahan tersebut. Fitoplankton yang mempunyai toleransi luas terhadap perubahan salinitas disebut fitoplankton yang mempunyai sifat euryhaline, sedangkan yang mempunyai toleransi sempit disebut fitoplankton yang mempunyai sifat stenohaline. Salinitas secara tidak langsung mempunyai peran terhadap variasi/perubahan komposisi fitoplankton. Salinitas yang meningkat disertai penurunan konsentrasi silicate SiO_2 akan berpengaruh pada perubahan komposisi fitoplankton pada perairan dan biasanya bersifat sementara (Qiao *et al.*, 2020).

5. Nitrat (NO_3)

Nitrat (NO_3) adalah nutrien utama bagi pertumbuhan fitoplankton dan algae. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Konsentrasi nitrat di suatu perairan diatur dalam proses nitrifikasi. Nitrifikasi merupakan proses oksidasi ammonia yang berlangsung dalam kondisi aerob menjadi nitrit dan nitrat, yang merupakan proses penting dalam siklus nitrogen. Oksidasi ammonia (NH_3) menjadi nitrit (NO_2) dilakukan oleh bakteri Nitrosomonas dan oksidasi nitrit (NO_2) menjadi nitrat (NO_3) dilakukan oleh bakteri Nitrobacter. Kedua jenis bakteri ini adalah bakteri kemotrofik yaitu bakteri yang mendapatkan energi dari proses kimiawi. Kadar nitrat > 5 mg/l menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia dan tinja hewan. Kadar nitrat $> 0,2$ mg/l dapat menyebabkan eutrofikasi (pengayaan) perairan yang selanjutnya menstimulasi pertumbuhan alga dan tumbuhan air secara pesat (Effendi, 2003). Nitrat merupakan faktor pembatas pada suatu perairan, merupakan nutrien bagi fitoplankton dan secara tidak langsung juga bagi organisme lain termasuk juga bakteri.

6. Ammonia

Perairan terdapat berbagai bentuk nitrogen yaitu gas nitrogen (N_2), NO_2^- (nitrit), NO_3^- (nitrat), NH_3 (ammonia), NH_4^+ dan sejumlah besar nitrogen yang terikat dalam organik kompleks. Bentuk nitrogen yang berbahaya untuk kehidupan adalah nitrit dan ammonia, senyawa tersebut terbentuk pada perairan dalam

keadaan tidak ada oksigen (anaerob). Pada kondisi tersebut, sejumlah mikroorganisme akan menggunakan oksigen yang terikat pada nitrat atau senyawa teroksidasi lainnya untuk keperluan pernafasannya atau melalui denitrifikasi atau respirasi nitrogen.

Pengaruh racun Ammonia dapat memicu penyakit pada insang karena infeksi bakteri. Akibat racun ini insang akan berwarna merah abnormal dan akan terlepas dari bawah penutup insang. Hal inilah yang memicu serangan bakteri terhadap insang yang luka. Pengaruh Ammonia pada air laut cukup berbahaya karena jika pH tinggi maka akan terlepas gas ammonia bebas. Kadar Ammonia bebas di perairan > 0,1 ppm dapat menyebabkan stress. Konsentrasi yang aman bagi ikan adalah sebesar 0,01 ppm. Konsentrasi amoniak yang tinggi berkaitan dengan eutrofikasi yang berpotensi menurunkan kualitas air. Konsentrasi amoniak yang tinggi akan berpengaruh pada meningkatnya fitoplankton golongan Cyanophytes seperti *Oscillatoria* yang biasa ditemukan pada perairan tercemar sedang sampai tinggi (Eiler *et al.*, 2007; Qiao *et al.*, 2020). Keberadaan Cyanophytes yang melimpah pada perairan biasanya akan diikuti dengan pertumbuhan *Vibrio* yang melimpah pula.

7. Hidrogen sulfida/H₂S

Daya racun asam belerang (Hidrogen Sulfida /H₂S) bebas tergantung pada keadaan ionisasinya. Hidrogen Sulfida (H₂S) yang tidak terionisasi sangat beracun, tapi pada bentuk lainnya tidak berbahaya. Daya racun hidrogen sulfida (H₂S) yang tak terionisasi paling tinggi pada pH rendah. Sulfur terdapat dalam bahan organik asam amino yang mengandung belerang dan belerang heterotrop, hidrogen sulfida (H₂S) terbentuk dan diubah ke bentuk teroksidasi seperti sulfat apabila ada oksigen. Hidrogen Sulfida (H₂S) yang tak terionisasi tidak terdapat dalam perairan yang banyak mengandung oksigen. Akibat dari keracunan hidrogen sulfida (H₂S) sama seperti kekurangan oksigen dan mungkin lebih buruk dari konsentrasi oksigen terlarut yang terlalu rendah. (Tsai, C.K, 1989).

Konsentrasi hidrogen sulfida yang tinggi dapat mengganggu kehidupan organisme termasuk keberadaan plankton dan bakteri. Konsentrasi H₂S yang aman untuk organisme perairan < 5 ppm (Santosa dan Wiharyanto, 2013). Keberadaan

hidrogen sulfur tersebut akan didekomposisi oleh bakteri sulfur oksidazing bacteria secara anaerobik. Pada perairan dengan bahan organik yang tinggi akan diikuti dengan dengan konsentrasi H₂S yang tinggi. Hal tersebut didorong oleh penguraian bahan organik tersebut oleh bakteri aerob sehingga oksigen terlarut menurun. Pada kondisi tersebut maka bakteri aerob akan digantikan oleh anaerob dalam proses penguraian yang berjalan lebih lambat, tidak sempurna dan menghasilkan senyawa H₂S yang berbahaya (Apriliana *et al.*, 2014).

2.5 Budidaya Berkelanjutan

Budidaya berkelanjutan berazas kelestarian lingkungan guna mendukung kesejahteraan hidup generasi saat dan tetap bisa mendukung generasi mendatang untuk. Syarat dari budidaya yang berkelanjutan adalah tidak merusak lingkungan, menggunakan teknik yang tepat dan untuk mencapai kesejahteraan sosial ekomi. Salah satu hal yang menjadi kontrol dalam budidaya berkelanjutan adalah *Ecosystem based management* dimana kegiatan budidaya yang terkendali dengan terus berprinsip pada konektivitas dan keseimbangan antara lingkungan dan sosial ekonomi (Widjaya dan Kadarusman, 2019). Budidaya yang berkelanjutan harus memperhatikan daya dukung dan daya tampung dari lingkungan. Daya dukung dan daya tampung secara garis besar dapat diartikan dimana lingkungan mampu mendukung kehidupan biota budidaya dan lingkungan mampu menerima dan mengasimilasi bahan pencemar (biotik dan abiotik) sehingga tidak mencemari lingkungan yang dapat mengganggu keseimbangan ekologi (Kristanti dan Imran, 2006). Guna mendukung hal tersebut, maka perlunya penetapan status suatu perairan dengan melihat faktor biologi, fisika dan kimia. Poernomo (1992) membagi status kelayakan lingkungan untuk budidaya menjadi 4 (empat) kategori yaitu sesuai, sesuai dengan faktor pembatas, kurang layak karena ada faktor pembatas yang berat dan tidak layak.

Guna mendukung lingkungan yang lestari, FAO (2019) merekomendasikan penerapan *biosecurity* sebagai salah satu upaya untuk mewujudkan budidaya yang berkelanjutan. Biosecurity ini merupakan suatu upaya dalam praktek budidaya

dengan mengendalikan organisme yang menyebabkan kerugian seperti parasite, bakteri, virus, *harmfull algae*, dan juga alien spesies.



Sekolah Pascasarjana