

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bakteri *Bacillus pumilus*

Bacillus spp merupakan bakteri yang berbentuk batang dapat dijumpai di tanah dan air termasuk pada air laut. Beberapa enzim menghasilkan enzim ekstraseluler yang dapat menghidrolisis protein dan polisakarida kompleks. *Bacillus* spp membentuk endospora, merupakan gram positif, bergerak dengan adanya flagel peritrikus, dapat bersifat aerob atau fakultatif anaerob serta bersifat katalase positif (Hatmanti, 2000).

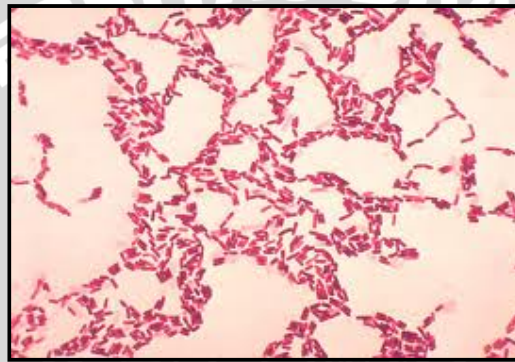
Menurut Maryanti (2010), *Bacillus* spp digolongkan ke dalam kelas bakteri heterotrofik, yaitu protista bersifat uniseluler, termasuk dalam golongan mikroorganisme produsen atau yang disebut dengan dekomposer. *Bacillus* spp merupakan bakteri mesofil yang tumbuh dengan temperatur optimal antara 30-45°C, meskipun ada beberapa yang termasuk golongan termofil dengan temperatur optimal pada 65°C. Salah satunya jenis bakteri *B. pumilus* termasuk bakteri gram positif, termasuk jenis yang anaerob fakultatif, bertangkai prokariot (suatu tipe sel yang bahan intinya tidak terbungkus di dalam suatu membran).

Sesuai dengan yang dinyatakan oleh (Anonymous, 2011^a) dan (Dennys cunkle, 2011) menyatakan bahwa, *B. pumilus* (Gambar 2) termasuk gram positif, bentuk spora yang aerob dan anaerob fakultatif, bentuknya seperti batang, biasanya hidup di tanah, air, udara, dan tumbuh pada suhu 30⁰C.

B. pumilus merupakan bakteri gram positif yang selnya berbentuk batang dengan lebar 0,6-0,7 µm dan panjang 2-3 µm. Bakteri ini dapat tumbuh pada kisaran pH 5-7 dan suhu 55⁰C. Bakteri ini memiliki kemampuan untuk mendegradasi bahan organik, tahan terhadap tekanan yang tinggi, kadar garam yang tinggi ataupun tempat dengan kondisi yang ekstrim lainnya (Fardiaz, 1992).

Klasifikasi *B. pumilus* (Anonymous, 2011^a) adalah sebagai berikut:

Divisi	: Protophyta
Kelas	: Schizomycetes
Ordo	: Eubacteriales
Famili	: Bacillaceae
Genus	: Bacillus
Spesies	: <i>Bacillus pumilus</i>



Gambar 2. Bakteri *B. pumilus* (Anonymous, 2011^a)

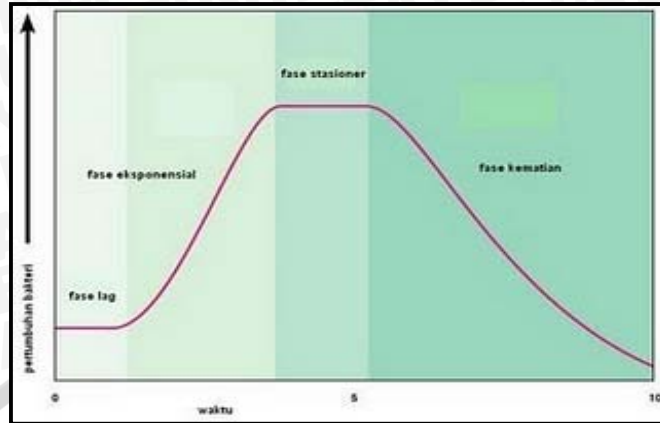
2.2 Pertumbuhan Bakteri

Menurut Fardiaz (2000), pertumbuhan dapat didefinisikan sebagai pertambahan secara teratur semua komponen di dalam sel hidup. Pada organisme multiseluler, pertumbuhan diartikan sebagai peningkatan jumlah sel per organisme dimana ukuran sel juga menjadi lebih besar. Sedangkan pada organisme uniseluler, pertumbuhan merupakan pertambahan jumlah sel yang berarti juga pertambahan jumlah organisme. Menurut Pirzada (2009), kebutuhan mikroorganisme untuk pertumbuhan dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu kebutuhan fisik dan kebutuhan kimiawi atau kemis. Aspek-aspek fisik dapat mencakup suhu, pH dan tekanan osmotik. Sedangkan kebutuhan kemis meliputi air, sumber karbon, nitrogen oksigen, mineral dan faktor penumbuh.

Pertumbuhan merupakan proses bertambahnya ukuran atau substansi atau massa zat suatu organisme. Pada organisme bersel satu pertumbuhan lebih diartikan sebagai kemampuan untuk menghasilkan 2 sel dan hidup. Pertumbuhan koloni, yaitu penambahan jumlah koloni, ukuran koloni yang semakin besar atau substansi atau massa mikroba dalam koloni tersebut semakin banyak, pertumbuhan pada mikroba diartikan sebagai penambahan jumlah sel mikroba itu sendiri (Habibie, 2010).

Menurut Pirzada (2009), pertumbuhan mikroba dalam suatu medium mengalami fase-fase yang berbeda-beda, berturut-turut disebut dengan fase lag, fase eksponensial, fase stasioner dan fase kematian (Gambar 3). Bakteri yang ditumbuhkan dalam media tertentu akan mengalami empat fase dalam pertumbuhannya (Prayogo, 2009), yaitu :

- a. Fase adaptasi (lag) adalah pada fase ini tidak ada penambahan populasi, sel bakteri melakukan penyesuaian diri terhadap keadaan lingkungan. Kurva pada fase ini umumnya mendatar.
- b. Fase logaritmik (eksponensial) adalah pada fase ini terjadi pertumbuhan yang sangat pesat, jumlah sel meningkat secara eksponensial, populasi menjadi dua kali lipat.
- c. Fase statis adalah pada fase ini populasi telah mencapai puncak pertumbuhan yang tidak dapat dilampaui lagi. Pengurangan sumber nutrisi serta penumpukan produk beracun menyebabkan beberapa sel mati, sedangkan jumlah sel hidup tetap. Biasanya bentuk kurva adalah mendatar.
- d. Fase penurunan (kematian) adalah sel yang mati bertambah lebih cepat dari yang terbentuk. Laju kematian semakin cepat menjadi eksponensial.



Gambar 3. Fase Pertumbuhan Bakteri (Habibie, 2010)

2.3 Bahan Organik

Bahan organik merupakan bahan-bahan yang dapat diperbaharui, didaur ulang, dirombak oleh bakteri-bakteri tanah menjadi unsur yang dapat digunakan oleh tanaman tanpa mencemari tanah dan air. Bahan organik tanah merupakan penimbunan dari sisa-sisa tanaman dan binatang yang sebagian telah mengalami pelapukan dan pembentukan kembali. Bahan organik demikian berada dalam pelapukan aktif dan menjadi mangsa serangan jasad mikro. Sebagai akibatnya bahan tersebut berubah terus dan sehingga harus selalu diperbaharui melalui penambahan sisa-sisa tanaman atau binatang (Lesmana, 2011).

Menurut Supono (2008), tanah dasar tambak yang mengandung karbon organik 15-20% atau 30-40% bahan organik tidak baik untuk budidaya perairan. Kandungan bahan organik yang baik untuk budidaya udang sekitar 10% atau 20% kandungan karbon organik. Kandungan bahan organik yang tinggi akan meningkatkan kebutuhan oksigen untuk menguraikan bahan organik tersebut menjadi molekul yang lebih sederhana sehingga akan terjadi persaingan penggunaan oksigen dengan biota yang ada dalam tambak. Peningkatan kandungan bahan organik pada tanah dasar tambak akan terjadi dengan cepat

terutama pada tambak yang menggunakan sistem budidaya secara semi intensif maupun intensif dengan tingkat pemberian pakan (*feeding rate*) dan pemupukan yang tinggi. Disamping mengendap di dasar tambak, limbah organik juga tersuspensi dalam air sehingga menghambat penetrasi cahaya matahari ke dasar tambak. Limbah tambak yang terdiri dari sisa pakan (*uneaten feed*), kotoran udang (*feces*), dan pemupukan terakumulasi di dasar tambak maupun tersuspensi dalam air.

Bakteri perombak bahan organik dapat ditemukan di tempat yang mengandung senyawa organik berasal dari sisa-sisa tanaman yang telah mati, baik di laut maupun di darat. Berbagai bentuk bakteri dari bentuk yang sederhana (bulat, batang, koma, dan lengkungan), tunggal sampai bentuk koloni seperti fillamen/spiral mendekomposisi sisa tumbuhan maupun hewan sebagai bakteri hidup secara aerob dan sebagian anaerob. Sel berukuran $1 \mu\text{m} - \leq 1000 \mu\text{m}$ (Saraswati, 2011).

Bahan organik dalam perairan berbentuk senyawa organik terlarut sampai bahan organik partikel dalam agregat besar atau organisme yang mati dan berasal dari perairan. Secara umum, komposisi bahan organik meliputi protein (40-60%), karbohidrat (25-50%), lemak dan minyak (10%), serta urea. Kandungan bahan organik tersebut dapat diukur secara langsung dengan cara mengukur kandungan bahan organik total (*total organic matter*) dan secara tidak langsung dengan cara mengukur kebutuhan oksigen secara biokimia BOD (*chemical oxygen demand*) atau kebutuhan secara kimia COD (*chemical oxygen demand*) (Wetzel dan Likens, 1991).

Kandungan bahan organik mempengaruhi kandungan oksigen terlarut dalam air. Penguraian bahan organik memerlukan oksigen dalam air sehingga semakin banyak bahan organik di air maka kandungan oksigen terlarut menjadi semakin berkurang (Boyd, 1979). Terkait dengan hal ini, Budiardi (2008)

menyatakan, bahwa sisa pakan pada pemeliharaan udang menjadi subjek bagi perombakan bakterial. Pada kondisi aerob proses tersebut akan meningkatkan pemakaian oksigen. Jika pasokan oksigen berkurang, sedimen akan menjadi anaerob dan hidrogen sulfida (H_2S) yang dihasilkan oleh bakteri heterotrof dapat terakumulasi sampai pada tingkat yang membahayakan bagi udang. Hidrogen sulfida (H_2S) merupakan gas berkelanjutan tinggi yang dalam konsentrasi rendah sudah bersifat racun bagi udang.

2.4 Limbah Organik Tambak

2.4.1 Mekanisme Bahan Organik

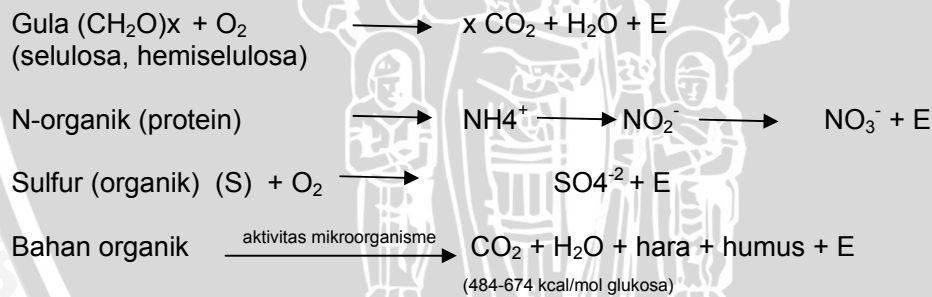
Limbah terdegradasi melalui proses mikrobiologi dengan menghasilkan ammonia, nitrit, nitrat, dan fosfat. Nutrien ini merangsang tumbuhnya alga/plankton yang dapat menimbulkan *blooming*. Beberapa hasil degradasi limbah organik bersifat toksik terhadap udang pada level tertentu. Terjadinya *die off* plankton dapat juga menyebabkan udang stress dan kematian karena turunnya kadar oksigen terlarut. Limbah tambak udang mengandung lebih banyak bahan organik, nitrogen, dan fosfor dibanding tanah biasa serta mempunyai nilai BOD dan COD yang lebih tinggi (Supono, 2008).

Menurut Saraswati (2011), organisme perombak bahan organik memegang peranan penting karena sisa organik yang telah mati diuraikan menjadi unsur-unsur yang dikembalikan ke dalam tanah (N, P, K, Ca, Mg dan lain-lain) dan atmosfer (CH_4 atau CO_2) sebagai hara yang dapat digunakan kembali oleh tanaman, sehingga siklus hara berjalan sebagaimana mestinya dan proses kehidupan di muka bumi dapat berlangsung adanya aktivitas organisme perombak bahan organik seperti mikroba saling mendukung keberlangsungan proses siklus hara dalam tanah. Organisme perombak bahan organik atau biodekomposer adalah organisme pengurai nitrogen dan karbon dari bahan

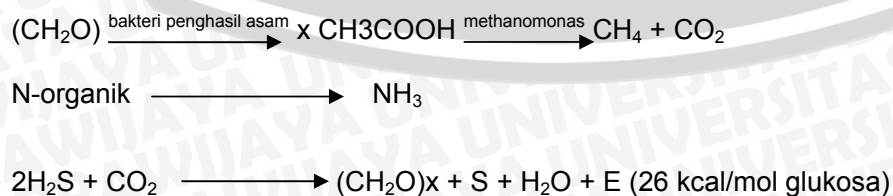
organik (sisa-sisa organik dari jaringan tumbuhan atau hewan yang telah mati) yaitu bakteri, fungi dan lain-lain. Proses biologi untuk menguraikan bahan organik menjadi humus oleh mikroorganismen dikenal sebagai dekomposisi atau pengomposan. Aktivitas dasar mikroorganismen tanah sama seperti kehidupan lainnya, bertahap hidup melalui reproduksi. Mikroorganismen tanah menggunakan komponen residu tanaman sebagai substrat untuk memperoleh CO₂ yang dilepas kembali ke alam, dan sumber karbon untuk sintesis sel baru. Proses perombakan bahan organik dapat berlangsung pada kondisi aerob dan anaerob.

Pengomposan aerob merupakan proses pengomposan bahan organik dengan menggunakan O₂. Hasil akhir dari pengomposan aerob merupakan produk metabolisme biologi berupa CO₂, H₂O, panas, unsur hara, dan sebagian humus. Hasil akhir dari pengomposan anaerob terutama berupa CH₄ dan CO₂ dan sejumlah hasil karena adanya H₂S dan sulfur organik seperti:

Reaksi yang terjadi pada perombakan sistem aerob:



Pengomposan anaerob diartikan sebagai proses dekomposisi bahan organik tanpa menggunakan O₂. Reaksi yang terjadi pada perombakan sistem anaerob:



Proses pengomposan terdiri atas tiga tahap dalam kaitannya suhu, mesofilik, termofilik, dan pendinginan. Tahap awal pembentukan asam. Suhu proses akan terus naik ke tahap termofilik antara 40⁰C-70⁰C untuk bakteri yang habitat di termofilik, proses degradasi dan stabilisasi akan berlangsung secara maksimal. Pada tahapan pendinginan terjadi penurunan aktivitas mikroba, penggantian mikroba termofilik dengan bakteri mesofilik. Selama tahap pendinginan proses penguapan air dari material yang telah dikomposkan akan masih terus berlangsung. Dalam proses perombakan bahan organik, sel mikroba yang mati merupakan sumber hara bagi mikroorganisme yang hidup.

2.4.2 Padat Tebar Udang

Menurut Mansyur (2011), padat tebar udang vanamei di tambak ± 20-30 ekor/m², yang mampu memproduksi 1,9-2,9 ton ha/91 hari pemeliharaan. Sedangkan menurut Ahmad dkk (2006) budidaya intensif dilakukan dengan teknologi yang modern, dan memerlukan biaya yang besar agar dapat mencapai volume produksi yang sangat tinggi. Pada tambak intensif padat penebaran ± 50.000 sampai 600.000 ekor/ha dengan makanan sepenuhnya tergantung makanan yang diberikan dengan komposisi yang ideal bagi pertumbuhan udang tersebut. Sedangkan menurut BSN (2006), padat tebar udang vanamei skala intensif 100 sampai 150 ekor/m².

Kualitas air cepat mengalami penurunan bila sisa pakan yang tertimbun sangat besar. Bila penimbunan pakan di dasar kolam/tambak tidak segera diantisipasi, maka sebagai bahan organik akan terjadi proses dekomposisi. Dalam proses dekomposisi akan membutuhkan sejumlah besar oksigen. Kebutuhan oksigen ini semakin besar dengan makin meningkatnya kandungan limbah dari bahan organik (didalamnya termasuk sisa pakan) tersebut. Bila suplai oksigen tidak cukup, kondisi anaerob pada dasar kolam/tambak tidak dapat

dihindarkan. Tentu ini sangat membahayakan biota budidaya yang memang sebagian besar aktivitasnya di dasar kolam/tambak. Lebih buruk lagi lantaran kondisi anaerob ini menghasilkan substansi-substansi beracun seperti ammonia, nitrit dan H₂S (Kordi, 2010).

Salah satu penyebab penurunan kualitas lingkungan perairan tambak adalah buangan limbah air budidaya selama operasional yang mengandung konsentrasi tinggi dari limbah organik dan nutrisi sebagai konsekuensi dari masukan budidaya udang yang menghasilkan sisa pakan dan feces yang terlarut ke dalam air untuk kemudian dibuang ke perairan sekitarnya (Firmansyah, 2011).

Pada tambak semi-intensif dan tambak intensif sejalan dengan massa pemeliharaan jumlah bahan organik yang berasal dari kotoran sisa pakan dan jasad mati dapat terakumulasi di dasar tambak dari waktu ke waktu. Menumpuknya bahan organik secara berlebihan di dasar tambak (lumpur) akan menurunkan daya dukung lingkungan tambak (*carrying capacity*) dan dapat mengakibatkan terbentuknya kondisi anaerob pada dasar tambak akibatnya aktivitas mikroorganisme dapat membahayakan kehidupan hewan-hewan makrobenthos dan udang yang hidup di dasar tambak. Bahan organik yang umumnya terdapat dalam tanah dasar tambak berkisar antara 0,18 – 7,2% dengan nilai rata-rata 1,4% (Isdarmawan, 2005).

Limbah hasil metabolisme dapat terbentuk menjadi dua, yaitu terlarut dan tersuspensi. Pada sebuah tambak yang dikelola dengan baik, kira-kira sebanyak 30% dari jumlah pakan yang digunakan akan menjadi limbah padat. Penguraian limbah akan menyebabkan larutnya nutrisi ke dalam air. Akumulasi limbah yang berlebihan diketahui sebagai penyebab penyakit pada operasional budidaya ikan (Novriadi, 2002).

Konsentrasi bahan organik tertinggi di sedimen terdapat pada lapisan atas hingga kedalaman 5 cm. Umumnya bahan organik pada lapisan ini masih

baru dan peka terhadap dekomposisi cepat oleh mikroorganisme. Bahan organik pada lapisan yang lebih dalam dan tanah dasar tambak umumnya lebih tua dan sebagian sudah terdekomposisi, sehingga bahan organik di lapisan ini akan terurai lebih lambat (Agus, 2008).

2.4.3 Bioremediasi

Menurut Anonymous (2011^b), bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme untuk mengurangi polutan di lingkungan. Saat bioremediasi terjadi, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut, sebuah peristiwa yang disebut biotransformasi. Pada banyak kasus, biotransformasi berujung pada biodegradasi, dimana polutan beracun terdegradasi, strukturnya menjadi tidak kompleks, dan akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan tidak beracun.

Jenis-jenis bioremediasi adalah sebagai berikut:

a. Biostimulasi

Nutrien dan oksigen, dalam bentuk cair atau gas, ditambahkan ke dalam air atau tanah yang tercemar untuk memperkuat pertumbuhan dan aktivitas bakteri remediasi yang telah ada di dalam air atau tanah tersebut.

b. Bioaugmentasi

Mikroorganisme yang dapat membantu membersihkan kontaminan tertentu ditambahkan ke dalam air atau tanah yang tercemar. Cara ini yang paling sering digunakan dalam menghilangkan kontaminasi di suatu tempat. Namun ada beberapa hambatan yang ditemui ketika cara ini digunakan. Sangat sulit untuk mengontrol kondisi situs yang tercemar agar mikroorganisme dapat berkembang dengan optimal.

c. Bioremediasi Intrinsik

Bioremediasi jenis ini terjadi secara alami di dalam air atau tanah yang tercemar. Tingginya akumulasi bahan organik di tambak udang dapat menimbulkan beberapa dampak yang merugikan yaitu: memacu pertumbuhan mikroorganisme *heterotrofik* dan bakteri patogen, *eutrofikasi*, terbentuknya senyawa toksik (ammonia dan nitrit) dan menurunnya konsentrasi oksigen terlarut. Secara alami sistem perairan tambak udang mampu melakukan *self purification*, apabila kandungan bahan organik sudah melampaui batas kemampuannya maka akumulasi bahan organik dan pembentuknya senyawa-senyawa toksik di perairan tidak dapat dikendalikan sehingga menyebabkan menurunnya kondisi kualitas air bahkan kematian udang yang di budidayakan. Senyawa ammonia dan nitrit bersifat toksik bila konsentrasinya melebihi ambang batas, namun demikian mekanisme toksisitasnya bagi udang masih belum banyak di ketahui dengan jelas. Konsentrasi ammonia yang aman untuk budidaya udang $\leq 0,012$ mg/L dan konsentrasi maksimum senyawa nitrit di perairan budidaya $\leq 4,4$ mg/L. salah satu upaya alternatif yang terus dikaji dan dikembangkan yaitu bioremediasi yang merupakan pendekatan biologis dalam pengelolaan kualitas air tambak dengan memanfaatkan aktivitas bakteri dalam merombak bahan organik dalam sistem perairan budidaya. Beberapa jenis atau kelompok bakteri mampu melakukan proses perombakan (dekomposisi) senyawa-senyawa metabolik toksik, dan dapat dikembangkan sebagai bakteri bioremediasi untuk pengendalian kualitas air. Jenis bakteri tersebut antara lain bakteri nitrifikasi, bakteri sulfur (pereduksi sulfid), dan bakteri pengoksidasi ammonia. Jenis bakteri yang dapat menurunkan kandungan bahan organik sedimen tambak udang sebesar 60% setelah inkubasi selama 56 hari yaitu bakteri *bacillus sp*, *pseudomonas sp*, *nitrosomonas sp*, dan *nitrobacter sp* (Badjoeri, 2008).

Bakteri pendegradasi bahan organik merupakan agen pengendali biologi yaitu memiliki kemampuan dalam memperbaiki kualitas air melalui perombakan atau pendegradasian bahan organik dalam perairan (Suarsini, 2006).

Menurut Firmansyah (2011), karakteristik tekstur pada sedimen tambak udang menunjukkan bahwa sedimen tambak udang umumnya tergolong jenis tanah liat, dengan kandungan bahan organik yang meliputi karbon organik (C) 2,19%, nitrogen (N) 0,19% dan fosfor 128 ppm. Selama masa budidaya, bahan organik yang terakumulasi pada sedimen tersebut biasanya diberi perlakuan tertentu agar dapat menghilangkan racun dan bahan-bahan berbahaya yang tidak diinginkan. Manajemen tambak yang umum dilakukan adalah dengan cara mengeringkan dan pengapuran serta penyiponan (mengurangi sedikit jumlah air dalam tambak dan penambahan air yang baru). Selain itu dikembangkan teknik-teknik modern, seperti bioremediasi, penambahan probiotik dan bioflok.

2.5 Kualitas Air

Kualitas air merupakan salah satu faktor penting pendukung keberhasilan budidaya ikan dan udang. Kualitas air yang optimum akan membuat ikan dan udang nyaman didalamnya, kualitas air yang kurang baik dapat mengakibatkan lambatnya pertumbuhan dan pada kondisi ekstrim dapat menyebabkan kematian. Kualitas air yang dapat berpengaruh terhadap bakteri *B. pumilus* dalam mendegradasi bahan organik dari sedimen tambak udang diantaranya adalah TOM (*Total Organic Matter*), Ammonia, Nitrit, Nitrat, BOD (*Biochemical oxygen Demand*), oksigen terlarut, suhu, pH dan salinitas.

2.5.1 TOM (*Total Organic Matter*)

Menurut Nasution (2008), padatan di dalam air terdiri dari bahan organik dan anorganik yang larut, mengendap dan tersuspensi. Bahan ini akan

mengendap pada dasar air yang lambat laun akan menimbulkan pendangkalan pada dasar tambak. Akibat lain dari padatan ini adalah tumbuhnya tanaman air tertentu dan dapat menjadi racun pada makhluk lain. Banyaknya padatan menunjukkan banyaknya lumpur yang terkandung dalam air. Pada dasarnya air yang tercemar selalu mengandung padatan yaitu antara lain:

- a. Padatan terendap/sedimen yaitu padatan yang dapat langsung mengendap jika air tidak terganggu untuk beberapa saat.
- b. Padatan tersuspensi dan koloid yaitu padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak larut dan tidak mengendap.
- c. Padatan terlarut yaitu padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dibandingkan dengan padatan tersuspensi.

Ekawati (2005), bahan organik di dalam ekosistem perairan berasal dari campuran organik terlarut, partikel bahan organik berukuran agregat besar dan juga dari material tanah mati. Kebanyakan bahan organik selain dari partikel yang terlarut, juga terdapat (*detritus*) yang merupakan bahan organik dari organisme yang telah mati. Metabolisme dari bahan organik dan interaksi dari material ini secara biologi dan kimia merupakan sebuah proses yang panjang dan diatur berdasarkan pada ukuran dari bahan organik tersebut.

Berbagai jenis bahan organik yang ada di alam dirombak (di dekomposisikan) melalui proses oksidasi yang dapat berlangsung dalam suasana aerob dan anaerob. Produk akhir dari dekomposisi ini atau oksidasi bahan organik pada kondisi anaerob selain CO_2 dan air juga berupa senyawa toksik misalnya ammonia, metana, dan H_2S (Effendi, 2003).

Bahan organik di perairan terdapat sebagai plankton, partikel – partikel tersuspensi dari bahan organik yang mengalami perombakan (*detritus*) dan bahan – bahan organik total yang berasal dari daratan dan terbawa oleh aliran

sungai. Perairan dengan kandungan bahan organik diatas 26 mg/l tergolong subur (Syaifuddin, 2004).

2.5.2 Ammonia

Ammonia yang terukur di perairan berupa ammonia total yang terdiri dari ammonia bebas (NH_3) dan ion ammonium (NH_4^+). Pada pH 7 atau kurang sebagian besar ammonia total akan mengalami ionisasi. Sebaliknya pada pH lebih besar dari 7 ammonia bebas tidak terionisasi tetapi bersifat toksik dan terdapat dalam jumlah yang lebih banyak. Kadar ammonia pada perairan alami biasanya kurang dari 0,1 mg/l (Djenar dan Herawati, 2008).

Gas ammonia (NH_3) dapat terbentuk sebagai hasil pembusukan protein yang terdapat dalam limbah atau sampah organik, baik yang berasal dari limbah rumah tangga maupun industri. Gas ammonia berbau busuk dan jika terhirup dalam pernafasan dapat berakibat mengganggu kesehatan sehingga terjadi pelepasan gas ammonia ke udara. Selain dapat mencemari udara, gas ammonia juga mudah larut dalam air membentuk amonium hidroksida yang dapat menaikkan pH air, sehingga menurunkan kualitas air. Pencemaran air oleh ammonia biasa terjadi pada perairan tambak udang/ikan sebagai hasil peruraian sisa-sisa pakan, sehingga sering berakibat banyak ikan/udang yang mati. Dalam air atau larutan, molekul ammonia (NH_3) biasanya membentuk ion amonium (NH_4^+). Dengan demikian, kadar ammonia dalam air atau limbah cair selalu ditentukan sebagai ion ammonium (Banon dan Suharto, 2008).

2.5.3 Nitrit

Nitrit merupakan reduksi dari nitrat yang selalu terdapat dalam jumlah sedikit dalam perairan. Konsentrasi ammonia yang tinggi dapat meningkatkan racun nitrit pada jenis udang. Faktor yang mempengaruhi racun dari nitrit yaitu

konsentrasi klorida dalam air, pH, organisme, kondisi lingkungan dan konsentrasi oksigen terlarut (Andayani, 2005).

Nitrit merupakan hasil perombakan protein yang merupakan hasil dari ammonia. Pada air kotor karena terlalu banyak ikan biasanya mempunyai kadar nitrit yang tinggi. Kandungan ammonia dan nitrit dapat dikurangi ataupun dihilangkan dengan cara penggantian air, pemberian aerasi, penguapan, maupun reaksi kimia dengan oksigen (Harahap, 2010).

Ion nitrit dapat berperan sebagai sumber nitrogen bagi tanaman, keberadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik yang memiliki kadar oksigen terlarut rendah. Sumber nitrit dapat berupa limbah industri dan limbah domestik. Kadar nitrit pada perairan relatif kecil karena segera dioksidasi menjadi nitrat. Garam-garam nitrit digunakan sebagai penghambat terjadinya korosi pada industri (Effendi, 2003).

Menurut Kristanto (2002), bahwa nitrit amat beracun di dalam air, tetapi tidak bertahan lama. Kandungan nitrogen di dalam air, tetapi tidak bertahan lama. Kandungan nitrogen di dalam air sebaiknya di bawah 0,3 ppm. Kandungan nitrogen di atas jumlah tersebut mengakibatkan ganggang tumbuh dengan subur.

2.5.4 Nitrat

Nitrat merupakan sumber nitrogen yang penting untuk pertumbuhan fitoplankton. Phospat dalam perairan berasal dari sisa – sisa organisme dan pupuk yang masuk dalam perairan. Unsur fosfor dalam bentuk phospat yang sangat penting dalam pertumbuhannya. Fosfor dalam bentuk ikatan fosfat dipakai fitoplankton untuk menjaga keseimbangan kesuburan perairan (Bayurini, 2006).

Menurut Sasongko (2006), nitrogen dalam air dapat berada dalam berbagai bentuk yaitu nitrit, nitrat, ammonia atau N yang terikat oleh bahan

organik atau anorganik. Nitrit biasanya tidak bertahan lama dan merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara ammonia dan nitrat yang dapat terjadi dalam air sungai, instalasi air buangan dan sebagainya. Sedangkan nitrat adalah bentuk senyawa yang stabil dan keberadaannya berasal dari buangan pertanian, pupuk, kotoran hewan dan manusia dan sebagainya. Keberadaan nitrit dalam jumlah tertentu dapat membahayakan kesehatan karena dapat bereaksi dengan haemoglobin dalam darah, hingga darah tidak dapat mengangkut oksigen lagi. Sedangkan nitrat pada konsentrasi tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tak terbatas, sehingga air kekurangan oksigen terlarut yang bisa menyebabkan kematian ikan.

Nitrat merupakan produk akhir dari oksidasi ammonia. Nitrat ini merupakan substansi yang dapat ditoleransi oleh kebanyakan ikan sehingga keberadaannya dapat diabaikan. Namun, bagi hewan avertebrata seperti udang, nitrat ini tidak tertoleransi. Pengguna nitrat adalah tanaman dan alga karena berfungsi sebagai pupuk untuk pertumbuhannya (Lesmana, 2005).

Nitrat merupakan senyawa hasil perombakan nitrit yang mampu dimanfaatkan langsung oleh fitoplankton maupun tanaman air dan tidak bersifat toksik bagi organisme budidaya. Senyawa nitrat dalam sistem perairan budidaya juga menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi dari sistem perairan umum (Wijayanti, 2011).

2.5.5 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Menurut Effendi (2003), BOD merupakan gambaran kadar bahan organik yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air.

BOD adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut

yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerob (Hariadi, 2004).

Faktor-faktor yang mempengaruhi BOD adalah jumlah senyawa organik yang diuraikan, tersedianya mikroorganisme aerob dan tersedianya sejumlah oksigen yang dibutuhkan dalam proses penguraian tersebut (Sembiring, 2008).

2.5.6 Oksigen Terlarut

Oksigen merupakan salah satu faktor pembatas, sehingga bila ketersediaannya di dalam air tidak mencukupi kebutuhan ikan dan udang dalam budidaya, maka segala aktivitas ikan akan terhambat (Kordi, 2010). Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk pernapasan biota Budidaya tergantung ukuran, suhu dan tingkat aktivitasnya dan batas minimumnya adalah 3 ppm atau 3 mg/l, kandungan oksigen didalam air yang dianggap optimum bagi budidaya biota air adalah 4-10 ppm, tergantung jenisnya. Laju respirasi terlihat tetap pada batas kelarutan oksigen 3-4 ppm pada suhu 20-30°C (Kordi, 2007).

Oksigen terlarut digunakan oleh organisme untuk melakukan proses pembakaran bahan makanan dan proses tersebut menghasilkan energi untuk keperluan aktivitas organisme. Oksigen dalam perairan bersumber dari difusi atau proses fotosintesis organisme produsen. Oksigen dikonsumsi terus-menerus oleh tumbuhan dan hewan dalam aktivitas respirasi (Effendi, 2003).

Menurut Mulyanto (1992), kandungan O₂ dalam air dapat berkurang disebabkan oleh beberapa hal, antara lain: penguraian atau perombakan bahan organik oleh mikroorganisme. Respirasi biota perairan baik hewan maupun tumbuhan air, proses ini terus menerus sepanjang hari.

Kegiatan budidaya udang vanamei yang dilakukan secara intensif memerlukan berbagai *input* budidaya seperti pakan, pupuk, kapur, benih udang, pestisida dan pergantian air baru akan memberikan pengaruh pada kandungan

bahan organik pada air dan sedimen tambak. Kandungan bahan organik ini cukup tinggi, terutama yang berasal dari sisa pakan, sisa metabolisme atau urine, organisme yang mati, pemupukan, pengapuran, pestisida yang digunakan serta kontribusi bahan organik dari sumber air yang masuk ke tambak melalui pergantian air. Akumulasi bahan organik di dalam media pemeliharaan tersebut memerlukan oksigen terlarut untuk menguraikannya (Husain, 2011).

2.5.7 Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor pembatas terhadap ikan-ikan atau biota akuatik. Suhu dapat mengendalikan fungsi fisiologis organisme dan berperan secara langsung atau tidak langsung bersama dengan komponen kualitas air lainnya mempengaruhi kualitas akuatik. Temperatur air mengendalikan aktifitas memacu atau menghambat pertumbuhan dan perkembangan yang dapat menyebabkan stress bila air menjadi panas atau dingin sekali secara mendadak. Temperatur air juga mempengaruhi berbagai macam reaksi fisika dan kimiawi didalam lingkungan akuatik (Kordi, 2007).

Suhu perairan berpengaruh pada hewan aquatik, baik secara langsung maupun melalui interaksi dengan faktor kualitas air yang lain. Suhu juga sangat penting bagi kehidupan fitoplankton dimana apabila suhu perairan terlalu tinggi dapat merusak jaringan sel fitoplankton sehingga proses fotosintesis akan terganggu dan mengakibatkan perairan terganggu. Variasi suhu perairan akan menyebabkan toleransi suhu yang berbeda-beda bagi suatu biota, sedangkan batas toleransi suhu tersebut bervariasi dan tergantung pada daerahnya (Herawati, 2008).

Menurut Suriawiria (1996), suhu merupakan salah satu faktor yang penting di dalam kehidupan. Beberapa jenis mikroorganisme dapat hidup pada daerah temperatur yang luas. Kiasaran suhu bagi mikroorganisme yaitu 0°C-

90°C. Suhu pertumbuhan suatu mikroba dapat dibedakan dalam suhu minimum, optimum dan maksimum. Berdasarkan atas perbedaan suhu pertumbuhannya dapat dibedakan:

a. Mikroba psikrofil (kryofil):

Golongan mikroba yang dapat tumbuh pada daerah dengan suhu 0°C-30°C. dengan suhu optimum 15°C. kebanyakan dari golongan ini tumbuh di tempat-tempat dingin, baik di daratan ataupun di lautan.

b. Mikroba mesofil:

Golongan ini mempunyai kisaran suhu optimum antara 25°C-37°C. Sedangkan suhu minimum yaitu 15°C dan suhu maksimum 55°C.

c. Mikroba termofil:

Golongan mikroba termofil adalah jenis yang tumbuh pada kisaran suhu tinggi. Suhu optimum antara 55°C – 60°C, suhu minimum 40°C dan suhu optimum yaitu 75°C. biasanya dapat ditemukan di sumber-sumber air panas dan tempat-tempat yang bertemperatur tinggi.

2.5.8 pH

Menurut Andayani (2005), pH adalah cerminan dari derajat keasaman yang diukur dari jumlah ion hidrogen menggunakan rumus umum $\text{pH} = -\text{Log}(\text{H}^+)$. Kisaran pH untuk jenis *crustacea* adalah 3,8 – 7.

Bakteri tumbuh di kisaran pH yang sempit dibandingkan dengan kapang. Contohnya, kebanyakan bakteri tidak dapat tumbuh pada kisaran pH dibawah 4 dan diatas 8 sedangkan kapang dapat tumbuh pada kisaran pH 1,5 – 8,5 (Fardiaz, 1992).

Semakin banyak CO₂ yang dihasilkan dari hasil respirasi, reaksi bergerak kekanan dan secara bertahap melepaskan ion H⁺ yang menyebabkan pH air

menurun. Reaksi sebaliknya terjadi dengan aktivitas fotosintesis yang membutuhkan banyak ion CO_2 , menyebabkan pH air naik (Kordi, 2007).

2.5.9 Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi seluruh larutan garam yang diperoleh dalam air laut. Salinitas air akan berpengaruh terhadap tekanan osmotik air. Semakin tinggi salinitas, akan semakin besar pula tekanan osmotiknya. Biota yang hidup di air asin harus mampu menyesuaikan dirinya terhadap tekanan osmotik dari lingkungannya (Kordi, 2007).

Menurut Nontji (1989), salinitas dapat disebut dengan kadar garam atau kegaraman, yaitu jumlah berat garam (dalam gram) yang terlarut dalam satu liter air, biasanya dinyatakan dengan satuan % (permil 1 g/l). Salinitas biasanya berkisar antara 34 – 35%. Sebaran salinitas dilaut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai.

