

TINJAUAN PUSTAKA

Udang Windu (*Penaeus monodon*, Fabr.)

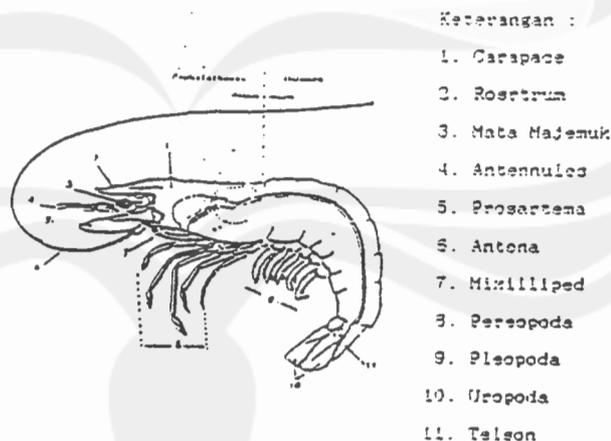
Nama *Penaeus monodon*, Fabr untuk udang Windu pertama kali diperkenalkan oleh Fabricius pada tahun 1798 (Holtuis, 1980 dalam Priono, 1993). Nama ini kemudian diterima oleh para ahli sebagai nama udang Windu, dan di Indonesia dikenal dengan nama udang windu atau dengan nama perdagangan "*jumbo tiger trawn*". Dikatakan pula bahwa udang Windu adalah jenis yang memiliki niaga penting, yang terdapat banyak di perairan dan merupakan komponen utama dalam produksi perikanan laut serta merupakan komoditi ekspor yang penting.

Udang Penaeid mempunyai ciri-ciri khas yaitu kaki jalan pertama, kedua dan ketiga bercapit dan berkulit khitin. Pada segmen perut yang pertama tidak tertindih oleh kulit khitin pada segmen perut berikutnya (Martosudarmo dan Ranoemihardjo, 1983).

Menurut Martosudarmo dan Ranoemihardjo (1983) udang windu dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Regnum	: Animalia
Phylum	: Arthropoda
Classis	: Crustasea
Sub Classis	: Malacostraca
Ordo	: Decapoda
Familia	: Penaeidae
Genus	: <i>Penaeus</i>
Species	: <i>Penaeus monodon</i> , Fabricius.

Secara umum udang Penaeid seperti halnya Crustacea lainnya adalah hewan air yang beruas-ruas. Pada tiap ruasnya terdapat sepasang anggota badan dan setiap anggota badan umumnya bercabang dua. Tubuh udang secara morfologis dapat dibedakan atas : bagian kepala atau cephalothorax dan bagian perut atau abdomen. Bagian cephalothorax terlindungi oleh kulit yang tebal disebut carapace (Martosudarmo dan Ranoemihardjo, 1983). Ciri-ciri udang windu secara spesifik sebagai berikut: adostril carina memanjang kira-kira sampai epigastrik, gastrofrontal tidak ada, hepatic carina ada, tata letak hepatic carina horizontal seolah-olah sejajar dengan adostril carina, kaki jalan kelima tanpa eksopod (Anonim, 1984).

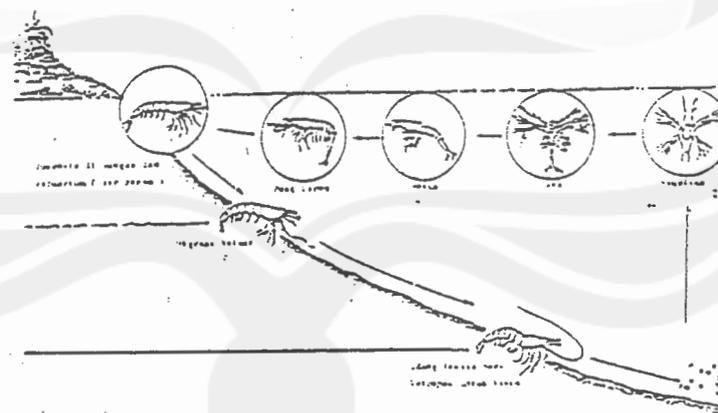


Gambar 2. Morfologi Udang Windu

Sumber : Martosudarmo dan Ranoemihardjo (1983)

Menurut Motos (1981) dalam Anonim (1984) udang windu dapat dideskripsikan sebagai berikut : carapace dan abdomen berbelang putih dan merah, antena berwarna keabu-abuan, pelopod dan pereopod coklat dan setae pinggir berwarna merah dan dapat berubah menjadi gelap.

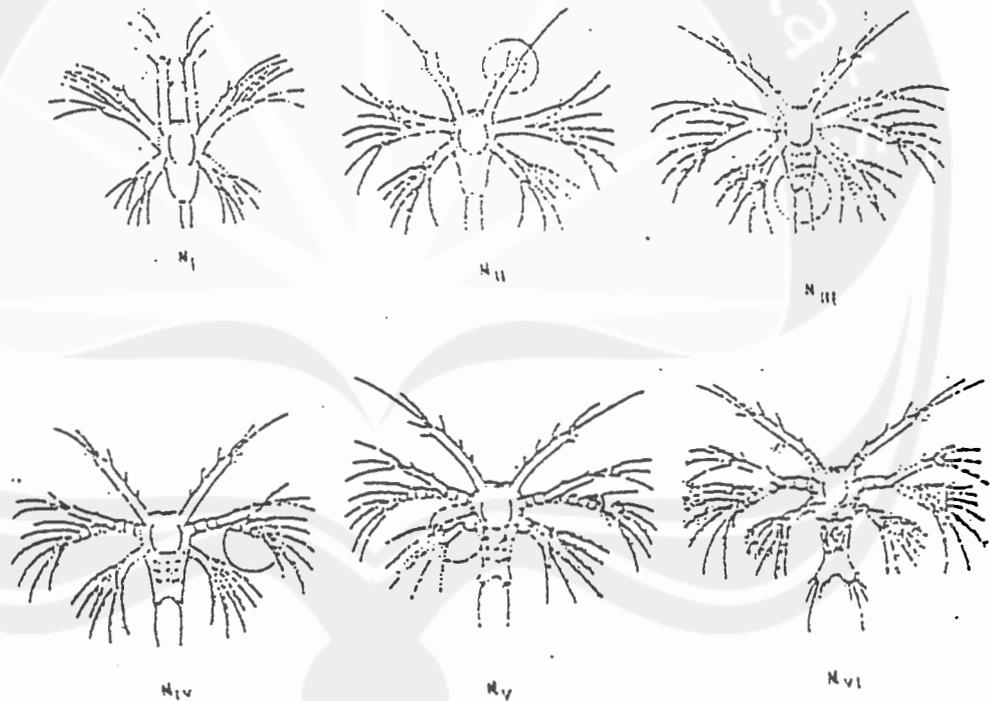
Udang windu mengalami daur hidup baik ketika hidup di alam maupun pada udang yang dibudidayakan di tambak. Jika udang hidup di alam maka akan mengalami dua fase habitat yaitu fase air laut dan fase air payau. Sedangkan udang yang dibudidayakan di tambak hanya mengalami fase air payau saja. Secara umum daur hidup udang dimulai dari stadia nauplius, zoea, mysis yang disebut larva dan yang terakhir adalah stadium post larva.



Gambar 3. Siklus Hidup Udang *Penaeid*

Sumber : Martosudarmo dan Ranoemihardjo (1983)

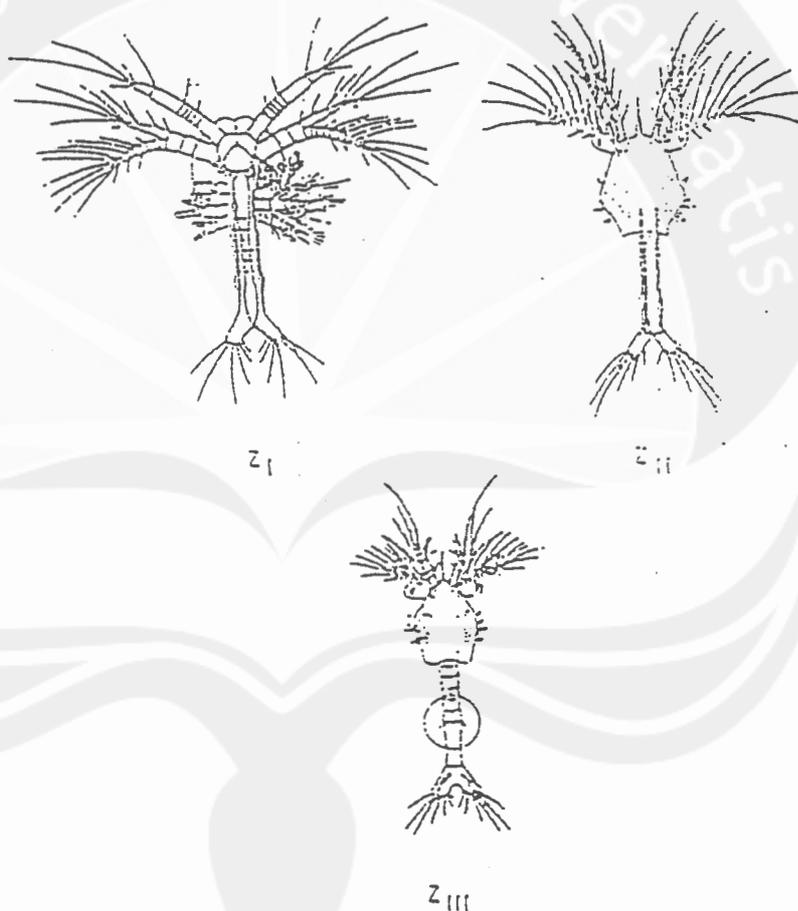
Nauplius merupakan stadium larva pertama setelah telur menetas dan terdiri dari enam (6) tingkatan yaitu $N_1 - N_6$ berlangsung sekitar 46 - 50 jam. Stadium nauplius dalam hidupnya belum memerlukan makanan dari luar, karena makanan sudah tersedia dalam bentuk kuning telur. Pada stadium ini udang Windu berukuran 0,31 - 0,41 mm dan dengan panjang tubuh kira-kira 0,39 mm dan bersifat planktonis (Martosudarmo dan Ranoemihardjo, 1983).



Gambar 4. Perkembangan Stadium Nauplius ($N_1 - N_6$)

Sumber : Martosudarmo dan Ranoemihardjo (1983)

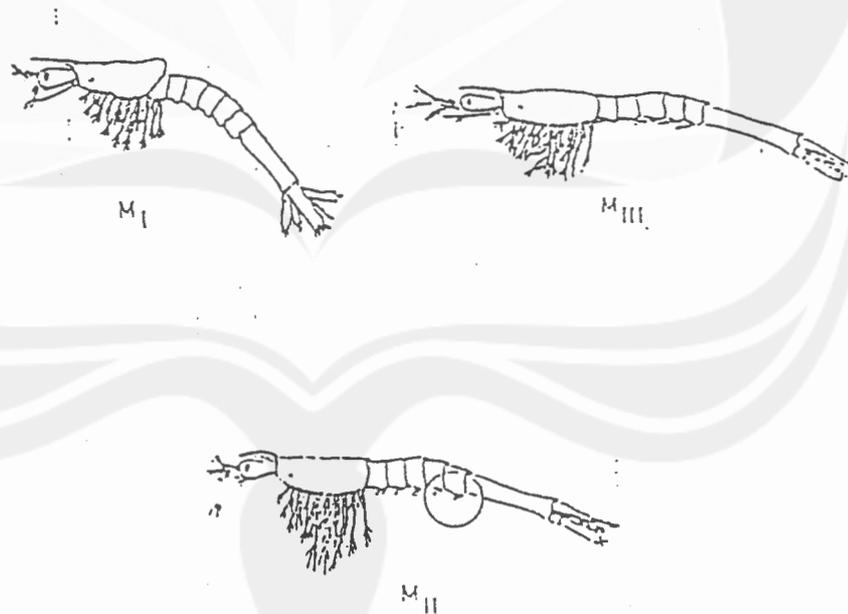
Menurut Martosudarmo dan Ranoemihardjo (1983) stadium zoea ditandai dengan telah terbentuknya carapace yang menutupi sebagian tubuhnya dan telah memiliki mixilliped I dan II. Dengan ukuran larva 1,2 - 2,5 mm, stadium zoea ini berlangsung 5 - 6 hari dengan memiliki tiga sub-stadia yaitu Z_1 sampai Z_3 dan masih bersifat planktonis.



Gambar 5. Perkembangan Stadium Zoea ($Z_1 - Z_3$)

Sumber : Martosudarmo dan Ranoemihardjo (1983)

Setelah stadium zoea adalah stadium mysis. Terdiri dari tiga sub-stadia yaitu M_1 sampai M_3 yang berlangsung 3 - 4 hari. Pereiopod, telson dan uropod sudah terbentuk sempurna sedangkan pleopod baru mulai terbentuk. Bentuk larva bengkak, berenang gerakan terbalik dan melentik mundur. Pada stadium mysis ini larva udang makan bila bersentuhan dengan partikel yang melayang dan beraroma tertentu (Kokarkin dan Sumartono, 1990). Ukuran larva 3,96 - 4,86 mm, bentuk morfologi larva menyerupai udang dewasa, tetapi masih bersifat planktonis dan sudah mengalami pergantian kulit (Martosudarmo dan Ranoemihardjo, 1983).



Gambar 6. Perkembangan Stadium Mysis (M_1 - M_3)

Sumber : Martosudarmo dan Ranoemihardjo (1983)

Stadium terakhir adalah post larva. Stadium ini dibagi atas beberapa sub-stadia yaitu PL₁ sampai PL₃₉. Pada stadia PL₁ - PL₅ masih bersifat planktonis tetapi mulai PL₆ sudah bersifat bentik, hal itu disebabkan karena udang telah dapat berenang dengan menggunakan pleopoda yang telah berfungsi. Ukuran tubuh udang mulai PL₈ - PL₃₉ berkisar mulai dari 6,9 sampai 33,46 mm dengan ukuran carapace 8 - 16 mm (Martosudarmo dan Ranoemihardjo, 1983). Larva udang sudah mulai aktif mengejar makanan dan berenang lurus ke depan.

Aquazyme

Aquazyme adalah merek dagang yang merupakan suatu bahan multibakteria (multibacteria compound) yang berasal dari proses rekayasa biogenetika, dimana komponen utamanya terdiri dari bakteri aerob dan anaerob. Aquazyme berbentuk tepung halus dan berwarna keabu-abuan (Anonim, 1993).

Aquazyme terdiri dari 5 jenis bakteri, diantaranya terdapat bakteri *Nitrosomonas*, bakteri *Nitrobacter*, *Bacillus subtilis*, bakteri *Cellulomonas*, bakteri *Aerobacter*. Genera bakteri ini mengandung enzim protease serine, protease metalloprotease, amylase, lactase, galactosidase, lipase dan hemicellulase. Bakteri tersebut diatas dapat dibedakan menurut proses kerjanya yaitu mengoksidasi amonia dan, nitrit, menghasilkan exoenzyme serta menguraikan protein, lemak, pengurai cellulose dan berbagai macam hidrokarbon (Anonim, 1993).

Aquazyme mempunyai kemampuan untuk menguraikan bahan organik, mengurangi NH_3 , NO_2 , COD dan BOD serta memelihara lingkungan yang stabil lingkungan air maupun dasar tambak serta untuk mengendalikan pencemaran perairan dari pencemar organik.

Karakteristik dari ke lima jenis bakteri yaitu: *Aerobacter* merupakan bakteri koliform famili Enterobacteriaceae. Sifat genera bakteri ini antara lain berbentuk batang pendek dan lurus, gram negatif, motil dengan peritrichious flagella atau immotil serta fakultatif anaerob (Skinner and Carr, 1976).

Nitrosomonas dan *Nitrobacter* keduanya tergolong dalam Famili Nitrobacteriaceae, berbentuk batang pendek dan lurus, gram negatif, motil dengan polar flagella, bersifat aerobik serta mampu mengoksidasi senyawa anorganik (Stanier dkk, 1963 dalam Fuad, 1991). Dikatakan pula bahwa genera ini bersifat khemolithotrop. Beberapa senyawa organik dapat bersifat toksik bagi organisme ini sehingga media yang kaya akan bahan anorganik adalah yang terbaik bagi perkembangannya.

Bacillus subtilis mengandung enzim amylase, penisillinase dan protease (Skinner and Carr, 1976). Genera bakteri ini termasuk ke dalam kelompok bakteri pembentuk spora, bentuk batang pendek, gram positif, bersifat aerobik atau fakultatif anaerob. *Bacillus* memiliki kemampuan menghidrolisis polisakarida, protein, lemak, asam nukleat dan memetabolisir produk hidrolisis.

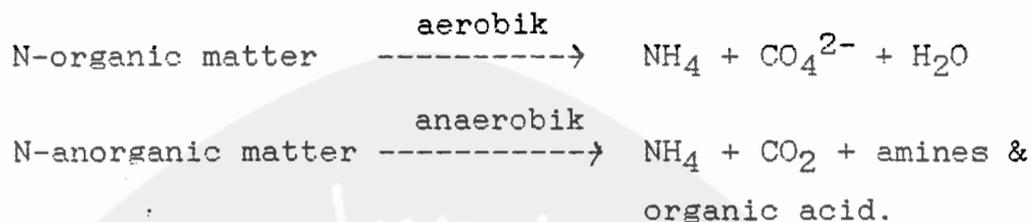
Cellulomonas mengandung enzim selulase sehingga mampu melakukan serangkaian reaksi enzimatis pemecahan senyawa selulose dengan membentuk senyawa glukosa. Genera lain yang memiliki enzim ini antara lain *Cytophaga*, *Sporocytophaga*, *Cellvibrio*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* dan *Trichoderm* (Fuad, 1991).

Multibakteri pengurai Aquazyme memiliki keistimewaan antara lain bukan merupakan bahan dengan reaksi atau daya kerja kimiawi sehingga lebih aman digunakan khususnya untuk budidaya udang secara intensif. Multibakteri Aquazyme memiliki kandungan bakteri yang tinggi ($>2 \times 10^9$ cfu/g), mengandung multienzim serta bervitalitas tinggi sehingga mampu dijadikan species yang dominan. Selain itu multibakteri ini mudah bereaksi, efektif dalam keadaan aerobik maupun anaerobik, efektif pada air tawar maupun air laut, efektif pada kondisi lingkungan yang buruk (meliputi pH, salinitas dan suhu), stabilitas tinggi, tidak menimbulkan residu atau sisa, polusi serta efek yang merugikan kepentingan manusia (Anonim, 1993).

Ammonifikasi

Produk akhir proteolisis adalah asam-asam amino. Bakteri menguraikan protein melalui berbagai tipe reaksi, tetapi produk nitrogen yang utama dihasilkan adalah ammonia (Warren, 1971). Ammonifikasi adalah suatu proses aerobik dan anaerobik, dan pelepasan oksigen dalam air tidak menghambat produksi ammonia dalam jumlah besar. Perbandingan kedua proses tersebut dapat digambarkan

dengan reaksi sebagai berikut :



Dalam penelitiannya mengenai metabolisme bakteri Skinner and Carr (1976) menemukan campuran dan kultur murni bakteri *Proteus vulgaris*, *Bacillus subtilis*, *Serratia marcescens*, *Clostridium putrificus* dan *Pseudomonas flourrescens liquefaciens* memiliki kemampuan untuk memecah struktur protein dan menghasilkan berbagai produk akhir, satu diantaranya adalah ammonia.

Ammonia merupakan senyawa nitrogen yang bersifat toksik terhadap udang. Menurut Colt dan Amstrong (1981) dalam Fuad (1991), ammonia mempunyai efek yang serius terhadap kemampuan udang dalam mengambil oksigen. Efek yang ditimbulkan diantaranya kerusakan insang, menurunnya kemampuan darah mengangkut oksigen, rusaknya sel darah merah dan pada tingkat sub letal dapat menyebabkan menurunnya pertumbuhan serta daya tahan tubuh udang terhadap penyakit.

Berdasarkan sifat toksik ammonia, maka kandungan ammonia yang masih dapat ditolerir oleh udang adalah kurang dari 1 ppm (Mulyanto, 1992) Kandungan ammonia sebesar 0,1 ppm akan menyusutkan pertumbuhan 1 - 2 % dan pada konsentrasi 0,45 ppm, pertumbuhan udang akan menurun sebesar 50 % (Anonim, 1990).

Nitrifikasi

Nitrifikasi menurut Stickey (1979) dalam Fuad (1993) adalah proses oksidasi ammonia secara biologis oleh bakteri autotrof menjadi nitrit dan nitrat. Selanjutnya dinyatakan pula bahwa Genera *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* merupakan bakteri autotrof terpenting dalam proses nitrifikasi di perairan air tawar, payau dan laut.

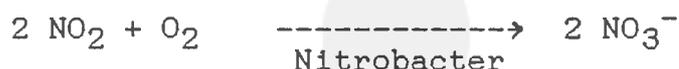
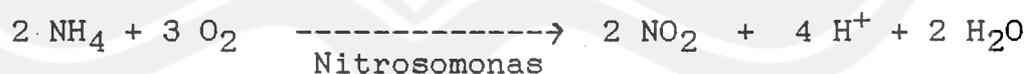
Buchanan dan Gibbons (1974) dalam Wahjuningsih (1993) menyatakan bahwa Famili Nitrobacteraceae dengan Genus *Nitrobacter* selnya berbentuk batang pendek, sering berbentuk baji (buah pear) yang penutup polarnya dari sitomembran. Kisaran pH-nya antara 6,5 - 8,5, sedangkan kisaran temperatur antara 5 - 40° C dan berhabitat di air tawar, air laut dan tanah. Sedangkan *Nitrosomonas*, sel-selnya berbentuk batang lurus dengan membran periperal, terjadi seperti lamela berbentuk pita/pipih, mempunyai kisaran pH antara 5,8 - 8,5 dan hidup pada temperatur antara 5 - 30° C dan berhabitat di air tawar dan laut.

Kadar bahan organik yang tertinggi dapat menghambat berlangsungnya proses nitrifikasi. Kecepatan proses nitrifikasi dipengaruhi oleh kelimpahan senyawa organik maupun senyawa anorganik yang mengandung nitrogen dalam substratnya, kondisi lingkungan terutama suhu yang sesuai dan kelimpahan bakteri nitrifikasi (Sykes and Skinner, 1971). Dikatakan pula bahwa pada saat kondisi oksigen berkurang di dalam air yang kaya bahan organik di sedimennya maka proses denitrifikasi mengambil alih proses nitrifikasi.

Bakteri yang menguraikan bahan organik membutuhkan waktu penyesuaian atau adaptasi beberapa hari melalui kontak dengan air, sebelum dapat digunakan sebagai inokulan dalam analisis *Biological Oxygen Demand* (BOD).

Proses Nitrifikasi oleh spesies bakteri nitrifikasi autotrof terdiri dari dua tahap : pertama perubahan ammonia menjadi nitrit oleh bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan tahap kedua adalah perubahan nitrit menjadi nitrat oleh bakteri *Nitrobacter*. Proses Nitrifikasi dipengaruhi oleh faktor-faktor: (1). keberadaan senyawa beracun dalam air, (2). suhu, (3). pH, (4). kandungan oksigen terlarut, (5). salinitas, (6). luas permukaan yang tersedia untuk hidup atau menempelnya bakteri (Sykes and Skinner, 1971). Semakin luas permukaan substrat akan meningkatkan tempat yang tersedia bagi menempelnya bakteri, dan meningkatkan laju konversi ammonia.

Selanjutnya kedua tahap proses nitrifikasi dapat dirumuskan sebagai berikut.



Oleh Warren (1971) dikatakan bahwa bahan-bahan yang bersifat racun dapat menghambat bakteri nitrifikasi melalui dua mekanisme, yaitu : menghambat perkembangbiakan dan pertumbuhan bakteri atau mempengaruhi metabolisme sel sehingga menurunkan kemampuan oksidasi bakteri.

Suhu, salinitas dan pH mempengaruhi aktivitas bakteri nitrifikasi di dalam air laut. Sykes and Skinner (1971) mendapatkan, aktivitas nitrifikasi tertinggi pada suhu 30 - 35° C dan aktivitasnya akan menurun pada suhu yang lebih tinggi, sedangkan pertumbuhan optimum bakteri nitrifikasi di air laut pada suhu 27 - 28° C. Disebutkan pula bahwa aktivitas bakteri nitrifikasi menurun dengan meningkatnya salinitas sewaktu bakteri tersebut diaklimatisasi.

Aktivitas bakteri dipengaruhi oleh pH air. pH ideal untuk proses nitrifikasi ammonia dan nitrit adalah berkisar antara 7,1 - 7,8 (Sykes dan Skinner, 1971). Dikatakan pula bahwa pH optimum untuk *Nitrosomonas* adalah 8,5 - 8,8 dan *Nitrobacter* adalah antara 8,3 - 9,3, pada pH 5,5 proses nitrifikasi akan terhenti.

Oksigen merupakan gas yang sangat penting bagi nitrifikasi. Kedua bakteri nitrifikasi tersebut merupakan bakteri yang bersifat aerob. Amonia nitrit lebih efisien terjadi pada kondisi aerob, konversi ammonia di air laut terhambat pada konsentrasi oksigen terlarut berkisar antara 0,6 - 0,7 ppm (Anonim, 1990).

Substrat berperan penting sebagai tempat menempelnya bakteri nitrifikasi. Menurut Sykes and Skinner (1976), di daerah dangkal di laut, nitrifikasi terjadi di air dan di sedimen, tetapi lebih besar terjadi di sedimen daripada di air. Meningkatnya permukaan substrat akan meningkatkan tempat menempelnya bakteri sehingga populasi bakteri yang tumbuh meningkat seiring laju konversi ammonia.

Desulfurikasi

Menurut Sykes and Skinner (1971) dikatakan bahwa sebagian besar dari hasil degradasi protein adalah amonia yang kemudian oleh bakteri nitrifikasi diubah menjadi nitrit dan nitrat. Sebagian kecil lainnya terutama protein yang mengandung asam amino cystein dan methionin degradasinya menghasilkan hidrogen sulfida. Hidrogen sulfida tidak stabil di dalam lingkungan anaerob dan dapat dioksidasi secara kimia oleh bakteri dan jamur. Proses oksidasi hidrogen sulfida oleh mikrobia menjadi sulfat merupakan tahap akhir dari proses mineralisasi senyawa sulfur organik ini disebut desulfurikasi.

Fisiko-kimia Air

Lingkungan perairan meliputi semua komponen dan faktor dalam perairan dengan perubahan dan perbedaan-perbedaan serta saling keterkaitan dan hubungan diantaranya. Adanya keterkaitan dan hubungan yang berlangsung, pada dasarnya merupakan suatu mekanisme untuk mencapai suatu homeostasis (kembali ke kondisi keseimbangan). Komponen-komponen dalam ekosistem perairan menyangkut parameter-parameter fisika, kimia dan biologi air beserta perubahannya yang berkaitan dengan proses pembudidayaan udang dalam tambak. Perubahan-perubahan kondisi kualitas atau lingkungan perairan yang melebihi ambang batas toleransi yang dapat mengakibatkan timbulnya berbagai macam permasalahan pada proses pembudidayaan.

Menurut Mulyanto (1992) parameter kualitas air yang terpenting bagi budidaya udang adalah kandungan oksigen terlarut, pH, suhu, padatan tersuspensi, ammonia dan nitrit; dengan ammonia sebagai faktor kritis yang utama. Kemunduran kualitas air akan menyebabkan kematian, timbulnya penyakit dan pertumbuhan terhambat. Sumber ammonia dalam sistem budidaya berasal dari proses mineralisasi bahan-bahan organik oleh bakteri heterotrof dan hasil metabolisme protein oleh sebagian besar hewan air. Menurut Davidson (1980) dalam Priono (1993) ammonia dalam air mengalami hidrolisis sehingga menghasilkan ion ammonium sedangkan ion ammonium yang dihasilkan insang kedalam air kemudian menjadi busuk dan membentuk ammonia dan ion hidrogen. Dikatakan juga bahwa ammonia adalah ekskresi metabolisme yang utama dari Crustaceae. Menurut Warren (1971) ammonia anionik adalah sangat beracun bagi udang, tetapi ion ammonium relatif tidak. Selanjutnya dinyatakan jumlah ammonia anionik dan ammonium dinamakan total ammonia nitrogen.

Sumber utama senyawa nitrogen dalam media pemeliharaan adalah metabolisme protein yang terkandung dalam makanan. Produksi ammonia pada hewan air proporsional dengan tingkat makanan yang diberikan. Ammonia mempunyai efek yang serius terhadap kemampuan ikan dalam mengambil oksigen. Efek yang ditimbulkan di antaranya kerusakan insang, menurunkan kemampuan darah dalam mengangkut oksigen, rusaknya sel darah merah.

Amonia tingkat sub letal menyebabkan menurunnya pertumbuhan daya tahan terhadap penyakit (Colt dan Armstrong, 1981 dalam Priono, 1993).

Oleh Warren (1971) dikatakan pengaruh utama racun nitrit adalah perubahan dalam transport oksigen, oksidasi persenyawaan penting dan rusaknya jaringan. Nitrit adalah faktor oksidasi yang baik. Nitrit mengoksidasi ion ferro dalam haemoglobin . Selanjutnya dinyatakan pula daya racun nitrit lebih besar di air asin daripada di air tawar. Pada medium dengan kandungan nitrit dibawah konsentrasi letal akan menghambat pertumbuhan . Menurut Mulyanto (1992) kandungan nitrit yang masih ditoleransi pada pemeliharaan udang windu adalah kurang dari 1 ppm.

Suhu air merupakan salah satu faktor fisik yang sangat penting dalam budidaya perikanan dan pengelolaan kualitas air. Hal ini disebabkan suhu air mempengaruhi sifat kimia dan biologi perairan. Suhu sangat berpengaruh terhadap penurunan derajat dan kelangsungan hidup udang. Fluktuasi suhu yang tajam dapat memberikan efek yang negatif terhadap organisme yang hidup di dalamnya karena perubahan suhu akan mempengaruhi kecepatan reaksi biokimia , dan ini berarti mempengaruhi juga proses biologis organisme tersebut. Proses biologis yang berpengaruh terhadap perubahan suhu adalah proses-proses metabolisme (Kinne, 1973 dalam Soleh dan Sugiarto, 1993). Akibat lain yang dapat ditimbulkan karena fluktuasi suhu yang ekstrim adalah pertumbuhan udang yang lambat, hal ini disebabkan karena

energi akan lebih banyak digunakan untuk mempertahankan hidupnya (survival) daripada untuk pertumbuhan. Suhu dibawah 13° atau diatas 33° C akan menyebabkan kematian udang yang hampir mencapai 90% (Anonim, 1990).

Kenaikan suhu yang cukup tajam, misalnya pada musim kemarau yang mencapai 30° C akan menyebabkan kandungan oksigen terlarut akan turun dengan cepat. Akibat langsung kenaikan suhu bagi udang adalah udang akan menjadi stress karena konsentrasi oksigen turun sedangkan konsumsi oksigen tetap atau mungkin meningkat. Namun demikian, suhu yang lebih tinggi akan menyebabkan larva udang tumbuh lebih cepat yang ditandai oleh pergantian kulit (*molting*). Secara teoritis suhu yang tinggi dapat menyebabkan proses metabolisme berjalan cepat dan menghasilkan energi yang dipergunakan untuk pertumbuhan tubuh udang (Anonim, 1991). Pertumbuhan udang ditandai dengan proses molting.

Suhu yang lebih rendah dari batas minimum dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan udang (Soleh dan Sugiarto, 1993). Ada dua faktor yang dapat terjadi akibat usaha peningkatan suhu. Pertama adalah pengaruh tingkat suhu yang diperlukan dan yang kedua adalah lebar fluktuasi suhu harian. Kedua faktor tersebut sangat berpengaruh dalam mempercepat pertumbuhan. Meskipun demikian dalam suatu proses penyesuaian terhadap tingkat suhu tertentu organisme mempunyai batas maksimum dan minimum karena faktor lingkungan seperti suhu selalu mengalami fluktuasi. Media dengan fluktuasi suhu yang kecil dikatakan suhunya

stabil sedangkan fluktuasi suhu yang cukup lebar mampu mempengaruhi kehidupan organisme. Larva udang windu sangat cocok hidup di perairan tropik dengan suhu berkisar 20° - 30°C (Mulyanto, 1992). Sedangkan menurut Hastuti dkk. (1987) kisaran suhu yang baik bagi udang adalah 28° - 30°C . Untuk mempertahankan suhu pada kisaran yang telah ditentukan, umumnya di tambak-tambak digunakan pemanas atau heater (Soleh dan Sugiarto, 1993).

Salinitas merupakan nilai yang dinyatakan dengan jumlah garam-garam yang larut dalam suatu satuan volume air. Nilai salinitas merupakan jumlah total konsentrasi ion-ion dalam air setelah semua karbonat diubah menjadi oksida-oksidanya, semua Bromida dan Iodida digantikan oleh klorida dan zat-zat organik yang mengalami oksidasi sempurna (Mulyanto, 1992). Dalam usaha budidaya perikanan proses pengelolaan air sangat penting mengingat perbedaan kadar garam berpengaruh terhadap mekanisme "osmoregulasi" pada semua organisme perairan. Pada perairan berkadar garam tinggi, udang melakukan adaptasi dengan meningkatkan tekanan osmosis sel agar plasma sel (sitoplasma) tidak mengalami lisis. Oleh karena tekanan osmosis sel udang meningkat terus maka terjadi penurunan laju ekskresi, akibatnya sel-sel tubuh udang menjadi lebih keras dan pertumbuhannya menjadi lambat. Sebaliknya pada kadar garam rendah tekanan osmosis sel-sel organisme perairan akan mengalami penurunan. Kadar garam yang optimal untuk pertumbuhan udang berkisar antara 10 - 23

ppt (Anonim, 1990). Udang windu bersifat euryhalin yaitu mempunyai kemampuan menyesuaikan diri terhadap fluktuasi salinitas yang cukup lebar. Di perairan laut udang tersebut bersifat hipoosmotik, sedangkan di perairan estuaria bersifat hiperosmotik. Menurut Mulyanto (1992) salinitas optimum bagi kehidupan udang adalah 12 - 20 ppt dengan kisaran toleransi 3 - 40 ppt. Sedangkan menurut Alaert dan Santika (1987) salinitas yang baik untuk pertumbuhan udang windu berkisar antara 25 - 35 ppt.

Oksigen terlarut dalam air merupakan parameter kualitas air yang paling menentukan dalam budidaya udang. Konsentrasi oksigen terlarut kolam selalu mengalami perubahan dalam sehari semalam. Sumber utama oksigen terlarut dalam air adalah difusi dari udang dan hasil fotosintesa biota berklorofil yang hidup di dalam perairan. Kecepatan difusi oksigen dari udara ke dalam air sangat lambat, oleh karena itu diperlukan sumber dalam penyediaan oksigen terlarut dalam perairan. Pada budidaya di tambak salah satu sumber utama oksigen adalah sistem aerasi dengan aerator.

Pengaruhnya secara langsung berupa efektivitas penggunaan pakan serta proses-proses metabolisme pada udang serta secara tidak langsung berpengaruh terhadap kondisi kualitas air (Anonim, 1993).

Secara umum kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh suhu, kadar garam (salinitas) perairan, pergerakan air di permukaan, luas daerah permukaan perairan yang

terbuka, tekanan atmosfer dan prosentase oksigen sekelilingnya. Pada budidaya udang di tambak oksigen berpengaruh terhadap daya larut nutrien-nutrien penting dan ketersediaanya, selain itu kadar oksigen rendah menyebabkan perubahan status perairan dari bentuk oksidasi menjadi bentuk reduksi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan oksigen terlarut adalah proses respirasi (pernapasan), proses difusi di atas titik jenuh dan reaksi oksidasi dalam perairan serta meningkatnya suhu dan meningkatnya kadar garam (salinitas). Adapun faktor-faktor yang berpengaruh terhadap peningkatan oksigen terlarut adalah proses difusi di bawah titik jenuh, proses fotosintesis dan proses (reaksi) reduksi dalam perairan. Kandungan oksigen terlarut dalam perairan mengalami fluktuasi selama sehari semalam. Pada siang hari akan meningkat dan menurun kembali pada malam hari. Perbedaan konsentrasi tertinggi dari oksigen terlarut terdapat pada kolam yang kepadatan planktonnya tinggi. Perbedaan konsentrasi terendah dari oksigen terlarut terdapat pada kolam yang kepadatan planktonnya rendah.

Kadar oksigen terlarut yang diperlukan untuk mendapatkan pertumbuhan yang optimum sebaiknya lebih dari 4,5 ppm (Anonim, 1990). Konsumsi oksigen terlarut pada suhu 30° C dan dalam batas kadar oksigen terlarut antara 4,5 - 7,0 ppm adalah sekitar 0,55 mg oksigen/gram berat/jam. Makin besar udang tingkat konsumsi oksigen persatuan

unit berat badan menurun (Anonim, 1991). Menurut Alaerts dan Santika (1984) kadar oksigen yang baik bagi pertumbuhan udang lebih dari 3 ppm atau sama dengan 3 ppm.

Derajat keasaman (pH) merupakan nilai logaritma negatif dari konsentrasi total dari ion-ion hidrogen dalam air yang dapat digunakan sebagai indikasi keasaman maupun kebasaan (Anonim, 1993). Di alam nilai pH kebanyakan berkisar antara 4 - 9, tetapi ada juga yang lebih rendah, misalnya di daerah hutan bakau. Secara alamiah pH perairan dipengaruhi oleh konsentrasi karbondioksida dan senyawa yang bersifat asam. Oleh karena itu, setiap saat nilai pH dalam air selalu berubah. Menurut Mulyanto (1992) pada dasarnya pengaturan pH dalam air dipengaruhi oleh sistem karbonat yang berbentuk karbondioksida, asam bikarbonat, ion bikarbonat dan karbonat. Kadar karbondioksida dalam air sangat dipengaruhi oleh proses fotosintesis dan respirasi (pernapasan).

pH air memiliki pengaruh sangat besar terhadap proses metabolisme dan proses fisiologis pada udang. Dengan demikian perubahan pH merupakan salah satu faktor yang penting dalam proses pengelolaan air. Perubahan-perubahan pH dipengaruhi oleh hal-hal antara lain karena keberadaan asam-asam organik dalam air yang merupakan hasil proses dekomposisi protein, karbohidrat dan lemak, keberadaan asam-asam mineral dari asam sulfat tanah tambak dan penambahan kapur. Pada saat pH turun karbondioksida merupakan salah satu bentuk ikatan karbon dalam air akan

bersifat dominan. Sedangkan ion bikarbonat dan karbonat dominan pada pH 7 dan menurun seiring dengan penurunan pH.

Proses fotosintesis mengakibatkan terjadinya penurunan kadar karbondioksida sehingga ion H^+ banyak digunakan serta berakibat meningkatnya pH. Sebaliknya meningkatnya karbondioksida hasil sisa respirasi menyebabkan terjadi penurunan pH.

Kandungan karbondioksida dalam air tertinggi terjadi pada saat laju fotosintesis berlangsung lebih rendah dibandingkan laju respirasi. Hal ini biasanya terjadi pada malam hari. Konsentrasi karbondioksida tinggi mengakibatkan terlarutnya $CaCO_2$ dan terjadi pembentukan ion HCO_3^- . Konsentrasi karbondioksida dalam air yang tinggi (< 10 ppm) perlu diturunkan karena bersifat menghambat proses penambihan oksigen oleh udang.

Metoda pengelolaan air di atas (pengurangan kadar karbondioksida) merupakan metoda alternatif disamping penggantian air ataupun pengoperasian kincir. Untuk perlakuan kapur maupun penggantian air yang perlu dipertimbangkan adalah kondisi air tambak itu sendiri serta dengan memperhatikan umur udang, kualitas air secara umum serta kondisi sumber pemasok air (inlet).

pH yang baik untuk pertumbuhan udang Windu adalah 7 - 8,5 (Anonim, 1988). pH optimum untuk pertumbuhan udang windu adalah 7 - 8,6 (Anonim, 1990). Lain halnya yang dikemukakan oleh Mulyanto (1992) bahwa pH yang cocok untuk pemeliharaan udang Windu adalah 7 - 9.

