

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Pencemaran

Menurut Undang-Undang RI No. 4 tahun 1992 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Lingkungan Hidup, bahwa yang dimaksud :

1. Pencemaran adalah pemasukan zat-zat atau energi ke dalam lingkungan oleh manusia secara langsung atau tidak langsung, mengakibatkan pengaruh-pengaruh yang merugikan sehingga membahayakan kesehatan manusia, merusak sumber hayati dan ekosistem dan mengurangi atau menghalangi kenyamanan dan penggunaan-penggunaan lain yang semestinya di lingkungan.
2. Pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.
3. Pencemaran laut adalah suatu keadaan dimana suatu zat atau energi dan unsur lain yang diintroduksi ke dalam lingkungan laut oleh kegiatan manusia atau proses alam sendiri dalam kadar tinggi sehingga menyebabkan terjadinya perubahan keadaan tersebut yang mengakibatkan lingkungan laut itu tidak lagi berfungsi seperti semula dalam arti kesehatan, kenyamanan.

Sedangkan menurut GESAMP (1978) *dalam* Hutagalung (1990), definisi pencemaran adalah masuknya atau dimasukkannya zat atau energi oleh manusia baik secara langsung maupun tidak langsung ke dalam lingkungan laut yang menyebabkan efek merugikan karena merusak sumber daya hayati, membahayakan kesehatan manusia, menghalangi aktivitas di laut termasuk perikanan, menurunkan mutu air laut yang digunakan dan mengurangi kenyamanan di laut.

B. Minyak Mentah ("crude oil")

B.1. Komposisi Minyak Mentah

Menurut Clark (1986) minyak mentah adalah campuran yang kompleks dari hidrokarbon dengan 4 sampai 26 atau lebih atom karbon di dalam molekulnya.

Baik minyak bumi mentah maupun minyak hasil penyulingan mempunyai sifat dan komposisi kimia yang beragam, tergantung pada asal minyak dan, dalam kasus produk sulingan, tergantung pada sifat proses penyulingan. Faktor ini juga menghasilkan perbedaan sifat fisik dan kimia yang penting seperti kelarutan, penguapan, oksidasi fotokimia dan mikrobial, serta toksisitas biologis (Connell and Miller, 1981 *dalam* Connell and Miller, 1995).

Hardjono (1987) membagi senyawa penyusun minyak mentah dalam dua golongan senyawa, yaitu :

1. Senyawa Hidrokarbon

Senyawa hidrokarbon yang terdapat dalam minyak mentah jumlahnya sangat banyak, dan dibagi ke dalam tiga

kelompok, yaitu hidrokarbon paraffin, hidrokarbon naften, dan hidrokarbon aromatik.

2. Senyawa Bukan Hidrokarbon

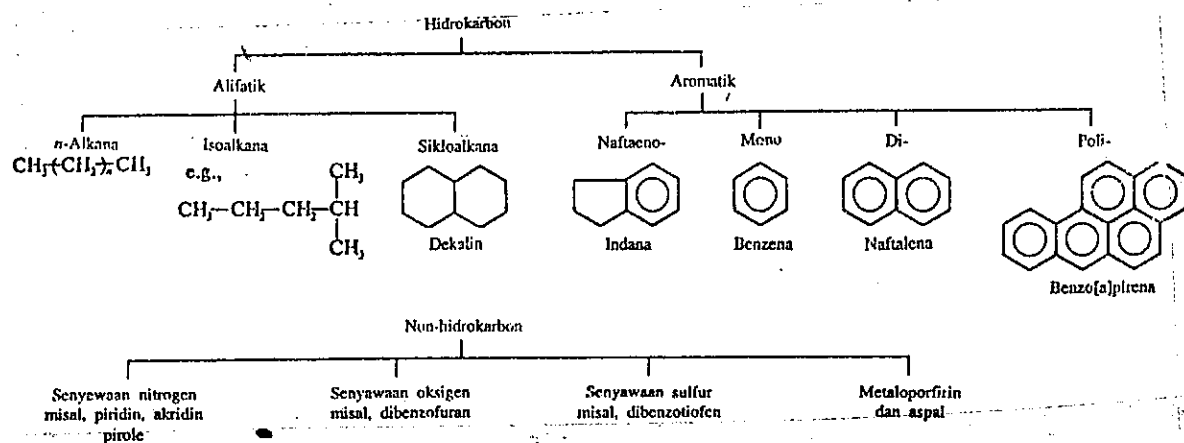
Senyawa bukan hidrokarbon yang terdapat dalam minyak mentah dan produknya adalah senyawa organik yang mengandung belerang, oksigen, nitrogen dan logam-logam.

Senyawa hidrokarbon di dalam minyak bumi dapat dibagi atas tiga kelas yaitu, alifatik, alisiklik, dan aromatik (Pitter and Chudoba, 1990). Hidrokarbon alifatik adalah komponen rantai terbuka atau tidak jenuh, susunan rantai atom karbonnya adalah lurus atau bercabang. Senyawa alisiklik terdiri dari atom karbon yang tersusun dalam bentuk cincin. Senyawa aromatik ditandai dengan adanya susunan cincin, mempunyai ikatan rantai jenuh atau tidak jenuh (Clark, 1986). Gambar 1 memberikan contoh struktur kimia minyak.

Menurut Malins (1977) beberapa senyawa aromatik tersebut berbentuk polysiklis (PAH-Polisiklik Aromatik Hidrokarbon) yang dikenal berpotensi karsinogen. Selanjutnya (Gilchrist *et al*, 1972; Jewel *et al*, 1972 dalam Connell and Miller, 1995) menyatakan bahwa produk minyak bumi mentah dan suling memperlihatkan keragaman yang besar dalam kandungan aromatik dan PAH, namun total hidrokarbon aromatik biasanya dalam kisaran 0,2 - 7,4 %.

Minyak mentah di laut mengalami berbagai proses seperti berikut : minyak mentah mengalami pelarutan pada 0 - 1 jam, mengalami penyebaran pada 1 jam - 1 hari, dan mengalami

emulsi pada 10 jam - 100 jam, serta mengalami sedimentasi pada 1 hari - 100 jam (Clark, 1986).



Gambar 1. Contoh Struktur Beberapa Komponen Umum Minyak Mentah.
Sumber : Miller, G.J. and D.W. Connell (1982)
dalam Connell and Miller (1995)

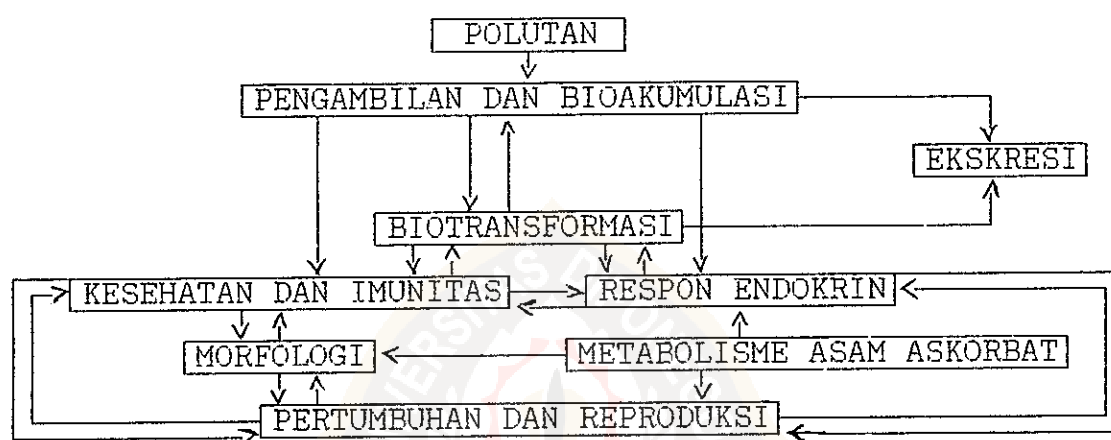
B.2. Toksisitas Minyak Mentah

Toksisitas didefinisikan sebagai pengaruh daya racun suatu bahan kimia, xenobiotik dan bahan-bahan lainnya terhadap organisme secara kualitatif atau kuantitatif (Wardojo, 1977).

Suatu bahan dapat digolongkan sebagai polutan atau kontaminan, sangat tergantung pada penurunan fungsi dari perairan tersebut (Moriarty, 1988). Selanjutnya dikatakan bahwa suatu bahan dapat digolongkan sebagai polutan jika keberadaannya di lingkungan, sebagai akibat langsung atau tidak langsung aktivitas manusia, menurunkan fungsi perairan terhadap organisme penghuninya. Tetapi jika keberadaannya tidak menurunkan fungsi dari perairan maka bahan tersebut dikategorikan sebagai kontaminan.

Pengaruh keracunan dapat berupa efek letal (kematian) dan subletal seperti gangguan pertumbuhan, perkembangan, reproduksi, respon, pathology, biokimia, fisiologi dan tingkah laku (Wardojo, 1977).

Suatu polutan yang masuk ke ekosistem perairan akan mengalami berbagai proses biologi seperti digambarkan Giam *et al.* (1981).



Gambar 2. Interaksi antara Polutan dengan Proses Biologi
Sumber : Giam *et al* (1981)

Polutan yang masuk ke lingkungan akan diambil oleh organisme dan selanjutnya mengalami bioakumulasi, biotransformasi dan ekskresi. Hal ini akan mengakibatkan perubahan pada respon endokrin yang berperan dalam pertumbuhan dan reproduksi. Disamping itu juga mengakibatkan metabolisme asam askorbat dalam leukosit berkurang, sehingga mempengaruhi kesehatan dan imunitas. Dalam waktu lama dapat merubah struktur jaringan (Giam *et al.*, 1981).

Minyak mentah terutama senyawa hidrokarbon yang mempunyai berat molekul kecil, bersifat lebih toksik daripada senyawa hidrokarbon yang mempunyai berat molekul

besar. Selanjutnya disebutkan oleh Suharsono (1980) bahwa senyawa aromatik seperti benzen, toluen, dan xylene akan mengakibatkan kerusakan akut, sedangkan rantai polisiklis akan menyebabkan kerusakan kronis yang diakibatkan oleh lambannya penetrasi senyawa tersebut ke membran plasma.

Senyawa PAH (Polisiklik Aromatik Hidrokarbon) yang diketahui bersifat karsinogen, merupakan senyawa yang resisten terhadap serangan bakteri dan diekskresikan dengan lambat oleh organisme penerima polutan (Clark, 1986).

Bahan-bahan toksik yang terdapat dalam berbagai jenis limbah dan memasuki ekosistem laut, akan mengalami biotransformasi pada organ-organ target, khususnya pada tingkat selular yang dikenal dengan toksifikasi. Biotransformasi tersebut sangat efektif untuk menurunkan maupun sebaliknya meningkatkan derajat toksisitas. Biotransformasi didukung berbagai jenis aktivitas enzim (Lumbanbatu dan Naulita, 1995). Selanjutnya menurut Lee (1981) dalam Capuzzo (1987) bahwa hidrokarbon akan mengalami biotransformasi dalam retikulum endoplasma.

Beberapa metabolit polar seperti ikatan jenuh dan tak jenuh dari rantai karbon, melalui proses oksidasi, akan bergabung dengan gula, sulfat, atau glutathionin dan akan dikeluarkan melalui urine atau feces (Giam, *et al*, 1981).

Hasil dari metabolit sekunder seperti 3-hidroksibenzo (a) pyrene, seperti yang disebutkan oleh Neff and Anderson (1981) bahwa bahan tersebut dapat mengalami reaksi lebih lanjut dengan konsekuensi produk metabolit akan lebih

toksik. Hal ini, sesuai pernyataan Steguman (1985) dalam Capuzzo (1987) bahwa di dalam tubuh, hasil metabolisme oksidasi PAH akan membentuk ikatan kovalen dengan makromolekul seperti DNA, RNA, atau protein, dan memberikan efek yang lebih toksik dan mutagenik.

C. DAYA RACUN LETAL dan SUBLETAL

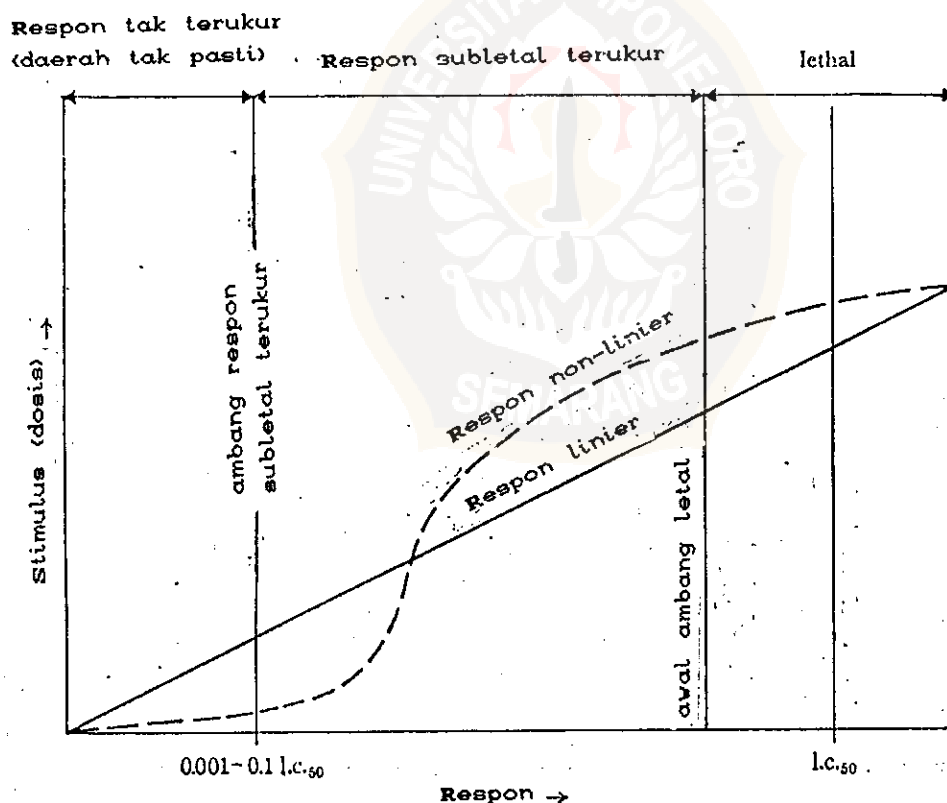
Hutabarat (1992) menyatakan bahwa toksisitas (daya racun) adalah sifat dari suatu bahan kimia yang umumnya berkaitan dengan potensinya untuk memberikan pengaruh berbahaya terhadap organisme hidup. Sedangkan Metelev, *et al* (1983) menyatakan bahwa daya racun adalah kemampuan molekul suatu bahan atau suatu senyawa kimia untuk menimbulkan kerusakan pada saat mengenai bagian tubuh, baik organ dalam ataupun bagian permukaan yang peka terhadapnya. Selanjutnya dinyatakan bahwa toksisitas suatu substansi dapat diekspresikan dalam konsentrasi yang menyebabkan kematian 50% organisme perairan.

Pengaruh bahan beracun terhadap organisme uji dapat letal (akut) ataupun subletal. Pengaruh letal terjadi dengan cepat dan fatal, sehingga menyebabkan kematian organisme tersebut. Untuk menentukan toksisitas dari bahan kimia beracun terhadap organisme air, maka digunakan uji toksisitas (toksisitas akut) untuk menetapkan atau mengestimasi konsentrasi medium letal (LC_{50}) dari bahan kimia tersebut. Selanjutnya menurut Hutabarat (1992) LC_{50} adalah konsentrasi bahan kimia yang diestimasi akan

mengakibatkan kematian 50% populasi hewan uji selama waktu pendedahan tertentu (24 - 96 jam), tergantung spesies uji.

Pengaruh kronis terjadi setelah waktu pendedahan yang lama dengan dosis yang rendah. Dapat juga berlangsung lama, terus menerus dan berlanjut setelah waktu pendedahan yang pendek dari bahan beracun tersebut. Pada keracunan kronis dapat terjadi gangguan-gangguan pada pertumbuhan, perkembangan, reproduksi, respon farmakokinetik, patologi, biokimia, fisiologi dan tingkah laku (Hutabarat, 1992).

Waldichuk (1979) memberikan gambaran mengenai batasan respon subletal yang terukur, seperti pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Kurva Hubungan Konsentrasi Polutan Terhadap Respon Organisme Laut

Sumber : Waldichuk (1979)

Nitisuparjo, *dkk* (1992) memberikan gambaran mengenai besarnya nilai konsentrasi subletal yaitu setengah dari nilai LC_{50} . Penentuan konsentrasi subletal ini didasarkan atas suatu prinsip bahwa hewan uji masih dapat hidup selama pengujian berlangsung. Namun demikian, walaupun sampai akhir pengujian tersebut hewan uji tidak mengalami kematian akan tetapi secara fisiologis telah mendapat gangguan akibat konsentrasi subletal media pengujian tersebut.

D. Kerang Hijau (*Perna viridis*)

D.1. Taksonomi Kerang Hijau

Menurut Vakily (1989) kerang hijau (*Perna viridis*) diklasifikasikan dalam :

"Kingdom" : Invertebrata

Filum : Molusca

Kelas : Bivalvia, Pelecypoda

Subkelas : Filibranchia

Ordo : Protobranchia

Subordo : Anisomyaria

Famili : Mytilidae

Genus : *Perna*

Spesies : *Perna viridis* L.

Kerang hijau yang dijumpai di perairan pantai Indonesia, sering dianggap masuk genera *Mytilus* dan diberi nama ilmiah *Mytilus viridis* (Asikin, 1982). Namun Vakily (1989) atas dasar otot refraktor dan otot adduktor yang

dimiliki. memasukkan kerang hijau ke dalam genera *Perna* dan diberi nama ilmiah *Perna viridis*.

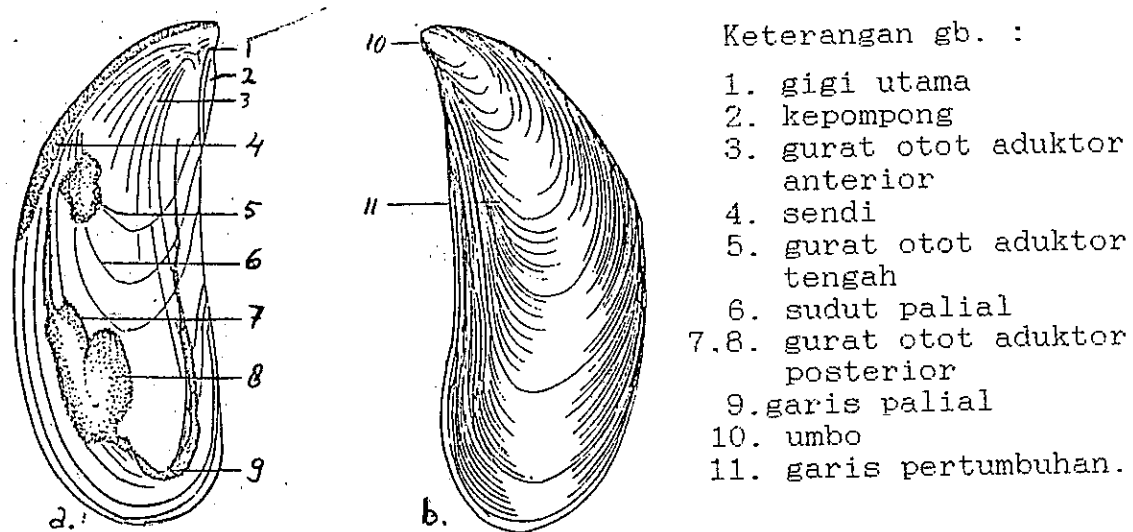
D.2. Morfologi dan Anatomi Kerang Hijau

Anggota famili Mytilidae mempunyai cangkang yang tipis, kedua cangkangnya simetris bilateral, dan umbonya melengkung ke depan. Persendiannya halus dengan beberapa gigi yang sangat kecil. Otot adductor di bagian anterior kecil atau tidak ada (Abbot, 1974 dalam Suwignyo, dkk, 1984).

Menurut Barnes (1974), kerang hijau mempunyai bentuk cangkang segitiga lonjong, garis-garis pertumbuhan pada cangkang bagian luar sangat jelas, dan mempunyai serabut byssus yang kuat untuk menempel.

Vakily (1989) mengatakan bahwa kerang hijau berwarna hijau mengkilap dan waktu stadia juvenil warna yang dominan adalah hijau biru, sedangkan apabila telah dewasa, cangkang bagian luar berwarna coklat dan hijau menyala pada pinggir ventralnya, semakin tua warna hijaunya semakin terdesak ke arah tepi cangkang. Ada garis-garis lengkung mengikuti pinggiran cangkang yang disebut garis pertumbuhan. Sedangkan cangkang bagian dalam halus dan berwarna putih mengkilap seperti unsur warna pelangi (Asikin, 1982).

Menurut Asikin (1982) tubuh kerang hijau terbagi atas tiga bagian utama, yaitu bagian kaki, mantel dan bagian tubuh yang sebenarnya (visceral mass).

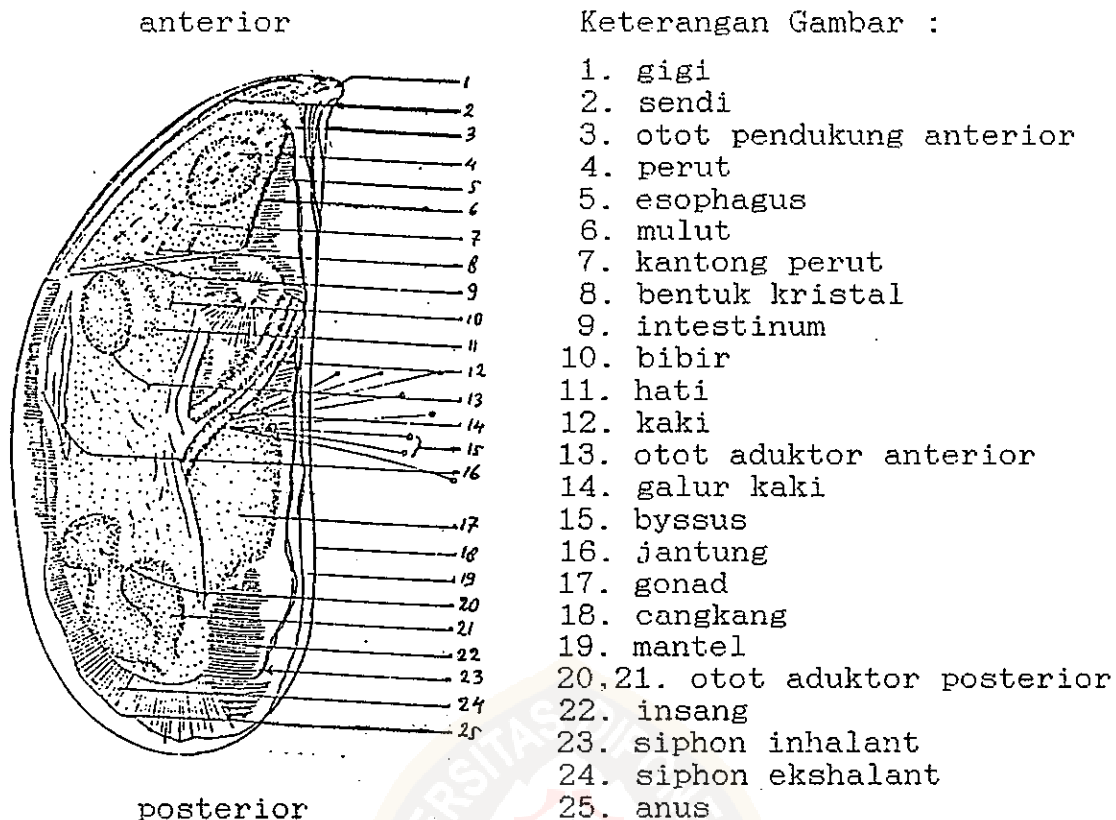


Gambar 4. Morfologi Kerang Hijau (*Perna viridis*)
Sumber : Asikin (1982)

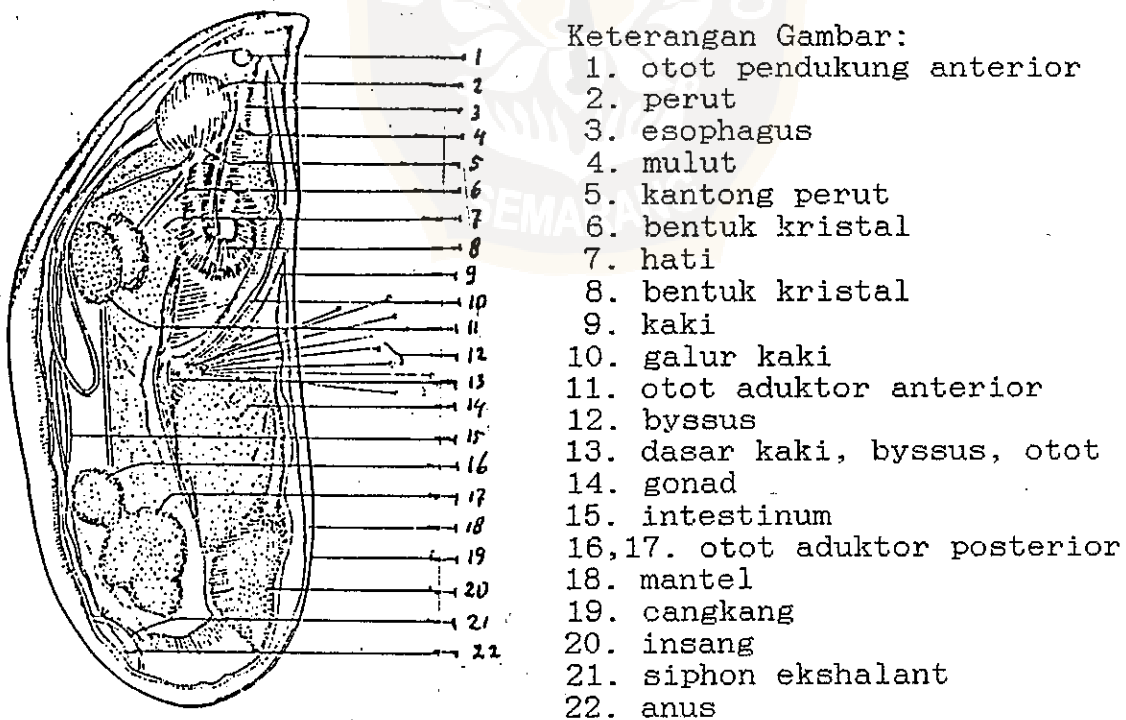
Gb.4a cangkang bagian dalam
Gb.4b cangkang bagian luar

Kaki kerang dapat bergerak memanjang dan memendek. berbentuk seperti lidah dan terletak di bagian depan atas di antara insang dan bibirnya. Fungsinya sebagai organ untuk bergerak dan merayap. Di bagian bawahnya terdapat suatu alat seperti serabut, yang disebut byssus untuk melekatkan dirinya pada substrat. Keistimewaan dari byssus adalah cepat tumbuh lagi apabila terpotong (Asikin, 1982).

Pada bagian luar tubuh terdapat dua pasang insang, sepasang di sebelah kiri dan sepasang di sebelah kanan. Sedangkan pada bagian tubuh sebelah dalam terdapat sistem pencernaan yang terdiri dari mulut yang diapit oleh dua bibir, kemudian diikuti oesophagus, lambung, usus, rektum dan yang paling ujung adalah anus atau dubur sebagai lubang pengeluaran feces. Pada tubuh sebelah dalam terdapat pula organ jantung, gonad, hati, aorta, dan otot penutup serta otot penarik yang bekerja berlawanan dengan engsel



Gambar 5. Susunan Anatomi Internal Kerang Hijau



Gambar 6. Sistem Pencernaan Kerang Hijau

Sumber : Anonim (1986)

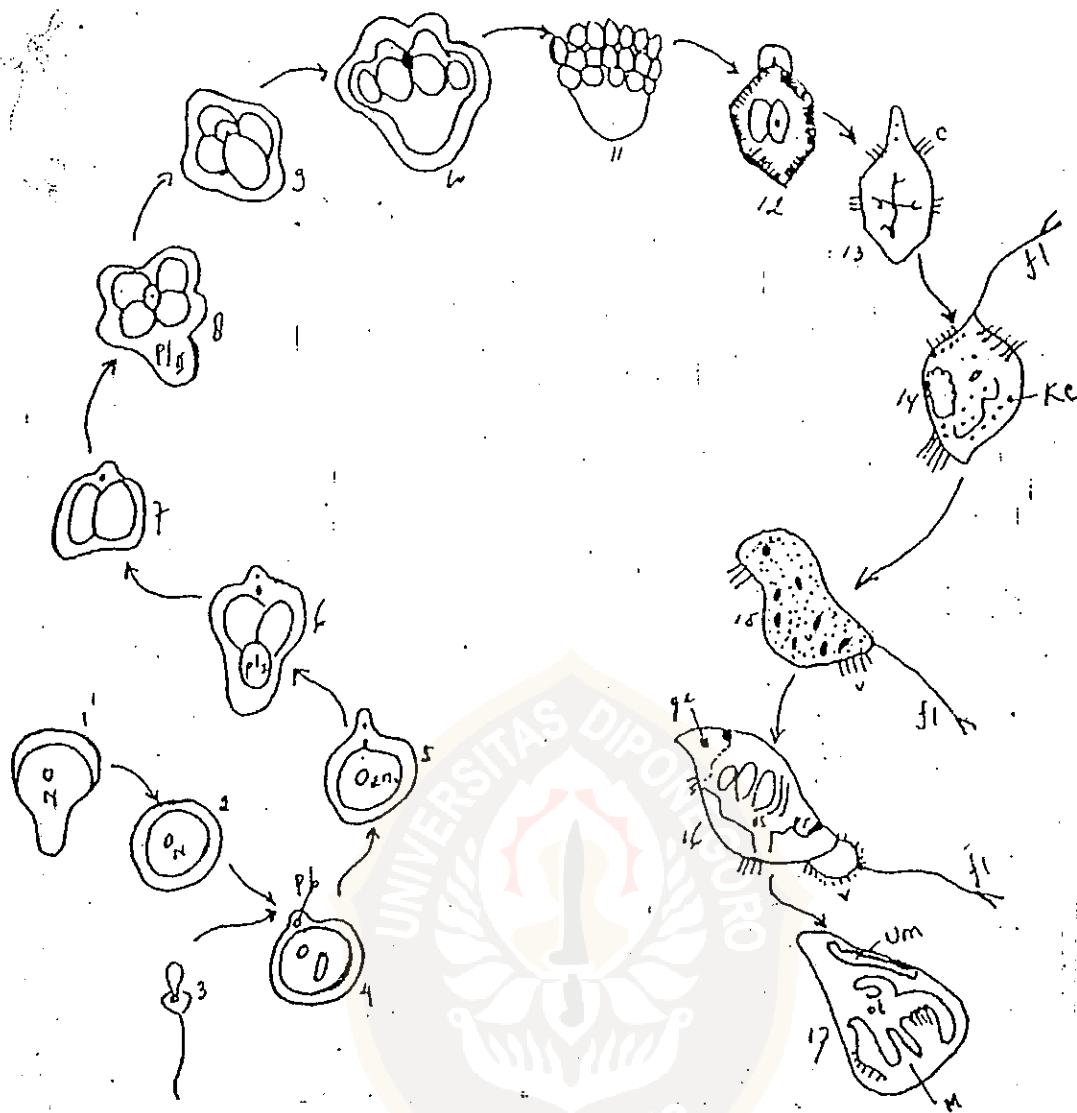
(ligament) sebagai organ pembuka cangkang. Otot penarik berfungsi sebagai penarik kaki ke dalam tubuh (Asikin, 1982).

D.3. Reproduksi dan Siklus Hidup Kerang Hijau

Alat kelamin kerang hijau pada umumnya terpisah atau disebut *dioecious*, dimana dalam satu individu hanya ada organ reproduksi jantan atau betina saja. Namun kadang-kadang dijumpai juga kerang hijau *hermaprodit*, dimana dalam satu individu terdapat dua organ reproduksi, jantan dan betina (Asikin, 1982).

Siklus hidup kerang hijau sangat kompleks, dengan melalui telur, stadia burayak dan stadium spat, kerang muda dan menjadi kerang hijau matang gonad. Telur-telur dan sperma-sperma yang berjumlah banyak dan bersifat mikroskopis dihamburkan oleh kerang-kerang hijau dewasa, melayang-layang di atas dasar laut untuk mencari pasangannya. Apabila beruntung sperma akan bertemu telur sehingga terjadi pembuahan (Asikin, 1982). Secara lebih jelas siklus hidup kerang hijau dapat dilihat pada Gambar 7.

Fase akhir larva adalah apabila tubuh yang lunak tertutup oleh cangkang, yang ditandai dengan adanya velum yang bercilia kuat, dan fase ini disebut veliger. Fase veliger berlangsung antara jam ke 16-19 setelah pembuahan. Pada hari ke 8 otot kaki mulai berfungsi untuk merayap, yang disebut pediveliger/veliconcha. Tahap ini merupakan tahap



Gambar 7. Siklus Hidup Kerang Hijau

Sumber : Asikin (1982)

Keterangan : 1 Telur yang masih dalam kandungan induknya, 2 Telur sesudah dikeluarkan induknya, 3 spermata, 4-11 Perkembangan telur sesudah dibuahi: 4-5 telur yang baru dibuahi, 6 Stadium troofil, 7 Stadium dua sel, 8-9 Stadium 4 sel, 10 Stadium 8 sel, 11 Stadium morula, 12-17 Perkembangan burayak; 12 blastula, 13 gastrula, 14 trochophore, 15-17 veliger, (N=nucleus, pn=pronucleus, pb=polarbody, zn=nucleus zygote, pl=polar lobe, c=cilia, fl=flagel, pr=perut, kc=kelenjar cangkang, v=velum, ge=gigi engsel, us=usus, m=mulut, um=umbo, ot=otot daging penutup.

akhir dari metamorfosa. kemudian memasuki stadium spat (Suwignyo *dkk*, 1984).

Pada stadium spat (anak kerang yang sudah bercangkang). kerang hijau dilengkapi kaki dan 'byssus'. Dengan bantuan kaki, kerang hijau ini merayap untuk mencari tempat menempel yang diinginkan. Pada tempat menempel inilah kerang hijau muda menantikan lewatnya makanan alami (phytoplankton) yang disukai. Kerang hijau matang gonad dan mulai memijah pada 2-3 bulan setelah menempel (Asikin, 1982).

Menurut Nirnama (1984) anak kerang hijau (spat) yang telah dilengkapi kaki dan byssus akan hidup melayang-layang di perairan (planktonis) selama lebih kurang dua minggu, kemudian akan mencari substrat yang cocok untuk menempel dan tumbuh menjadi kerang dewasa.

Untuk usaha budidaya, penangkapan benih berupa spat, dengan menggunakan jebakan berupa tali atau bahan kayu (galah atau tongkat bambu). Tali yang terbuat dari serat alami telah dibuktikan sangat berhasil dalam menangkap anak kerang (Tortell, 1976 dalam Vakily, 1989).

D.4. Habitat dan Kebiasaan Makan Kerang Hijau

Habitat kerang hijau belum diketemukan secara merata di seluruh perairan Indonesia, akan tetapi karakteristik perairan yang sesuai bagi kebutuhan hidupnya, antara lain : temperatur perairan dengan variasi antara 27° - 37° C, kadar garam antara 27 - 34 permil, pH antara 6 - 8, kecerahan air

laut antara 3,5 - 4,0 meter, arus dan angin tidak terlalu kuat (Asikin, 1982)

Menurut Kastoro (1981), kerang hijau hidup subur pada muara-muara sungai dan hutan-hutan bakau, dengan kondisi lingkungan yang dasar perairannya lumpur bercampur pasir, cahaya dan pergerakan air cukup dengan kadar garam tidak terlalu tinggi. Kerang hijau senang menempel pada substrat berserabut, substrat yang kasar, serta substrat yang terlebih dulu ditempati oleh alga filamen dan hidrozoid, seperti yang dikatakan oleh Milne (1972), Choo (1976) dalam Wasilun (1983).

Keberadaan pakan yang kontinyu merupakan salah satu faktor yang menunjang kehidupan kerang hijau, baik di alam maupun di hatchery. Makanan kerang hijau terdiri dari jasad renik terutama plankton, bakteri, jamur, flagellata, zat organik terlarut (DOM) dan bahan-bahan organik lain (Kastoro, 1981).

E. Pertumbuhan Sebagai Parameter Efek Subletal

Pertumbuhan diukur sebagai peningkatan ukuran tubuh, berat atau volume. Pertumbuhan yang dihubungkan dengan waktu disebut pertumbuhan absolut, sedangkan persentase pertumbuhan tiap unit waktu disebut pertumbuhan relatif (Bayne, 1976).

Huet (1972) menyatakan bahwa pertumbuhan dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal

meliputi keturunan, kecepatan tumbuh, kemampuan untuk memanfaatkan makanan, daya tahan terhadap penyakit. Faktor eksternal meliputi temperatur, jumlah makanan, komposisi kimia air, dan ruang gerak. Pertumbuhan akan terjadi apabila energi dari makanan yang dimakan melebihi yang diperlukan untuk mempertahankan hidupnya.

Fluktuasi pertumbuhan rata-rata kerang-kerangan merupakan hasil kombinasi efek dari sejumlah faktor lingkungan seperti temperatur air, ketersediaan makanan, kepadatan, pasang surut dan polusi. Karena kompleksnya pengaruh lingkungan, maka sulit untuk menentukan secara pasti hubungan antara pertumbuhan dan faktor lingkungan (Wilbur and Owen, 1964 dalam Vakily, 1989).

Pertumbuhan kerang hijau pada umumnya dihitung sebagai pertambahan panjang. Panjang disini, yaitu jarak terpanjang antara ujung anterior dan ujung posterior dari cangkang kerang tersebut. Pertambahan berat lebih baik untuk menggambarkan pertumbuhan, tetapi rekaman data panjang umumnya lebih mudah dan mengurangi stress pada hewan uji (Vakily, 1989). Hasil penelitian Asikin (1982) menunjukkan kecepatan tumbuh cangkang kerang hijau berkisar antara 0,7 - 1,1 cm tiap bulan. Sedangkan di India, pertumbuhan rata-rata *Perna viridis* tercatat sebesar 5 mm tiap bulan (Vakily, 1989).