

ABSTRACT

This study supports the shift paradigm approach on coastal engineering from hard engineering approach to soft engineering approach. The use of artificial reefs as submerged breakwater is proposed in this study. The artificial reefs, beside providing marine habitats also proposed as eco-friendly coastal protection.

The artificial reefs in this study is an extended study for the first and second author. Previous study also shows that complexity and turbulent generating ability in the vicinity of reefs are primary factor in attracting fish and marine organism.

There are 65 taxa of planktonic invertebrate larvae identified surrounding artificial reef waters , represented by 36 families, 31 orders, 17 classes, and 12phyla. The morning and day samples were dominated by calanoid copepods of Acartiidae, while the night samples was dominated byharpacticoid copepods of Ectinosomatidae.

The reef coverage in pasir putih waters anlalized using LIT - Line Intercept Transect dominated with Non Acropora, detail composition of coverage consists with 31.06-43.06% living reefs, 3.82-7.07% other fauna, 4.51-18.99% dead reefs and \pm 50% abiotic.

Key words : artificial reef, soft engineering approach, planctonoc larvae invertebrates, coral reef

ABSTRAK

Penelitian ini mendukung pergeseran paradigma rekayasa perlindungan pantai yang semula dilakukan berdasarkan pendekatan secara lugas/keras dan tidak ramah lingkungan (hard engineering approach) menuju ke pendekatan yang lebih ramah lingkungan (soft engineering approach). Terumbu buatan (artificial reefs) yang dikaji dalam penelitian ini digunakan sebagai salah satu alternatif perlindungan pantai sekaligus merehabilitasi ekosistem Terumbu Karang, karena secara estetika serta ekologis lebih ramah terhadap lingkungan pesisir.

Kajian Terumbu buatan dalam penelitian ini merupakan kelanjutan studi-studi sebelumnya yang telah dilakukan oleh pengusul. Studi terdahulu menunjukkan bahwa kompleksitas bentuk serta kemampuan untuk menghasilkan turbulensi disekitar Terumbu buatan merupakan faktor penting dalam menarik kehadiran ikan dan biota laut lain. Sehingga pada penelitian ini dikaji keanekaragaman jenis biota yang terdapat di sekitar terumbu buatan di perairan Pantai Pasir Putih, Situbondo.

Teridentifikasi 65 taksa larva invertebrata planktonik di perairan sekitar terumbu buatan dengan 36 famili, 31 ordo, 7 kelas dan 12 phylum. Kopepoda calanoid Acartiidae dominan dijumpai di sekitar permukaan dan kopepod harpacticoid Ectinosomatiidae dominan di kedalaman.

Organisme makrofauna dasar dominan di perairan sekitar terumbu buatan adalah terumbu karang dari jenis Non Acropora

Kata kunci : terumbu buatan, soft engineering approach, larva invertebrata planktonik, makrofauna dasar-karang

peningkatan produksi perikanan pesisir. Dalam kegiatan ini mahasiswa baik S2 maupun S1 akan dilibatkan, sehingga kegiatan ini merupakan bagian dari tugas akhir atau thesis mereka.

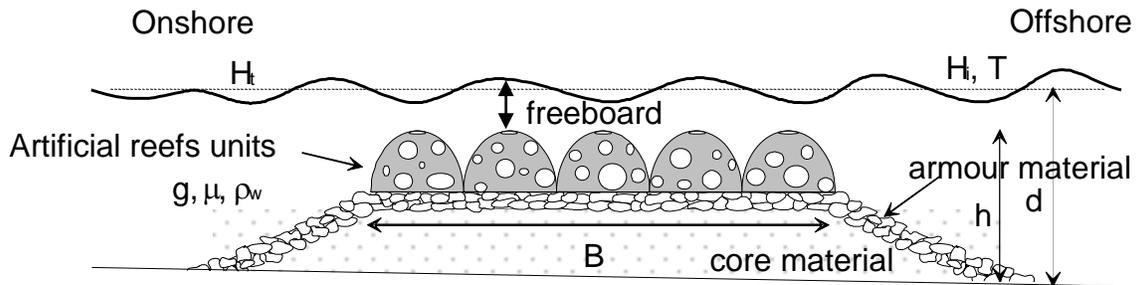
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Penunjang

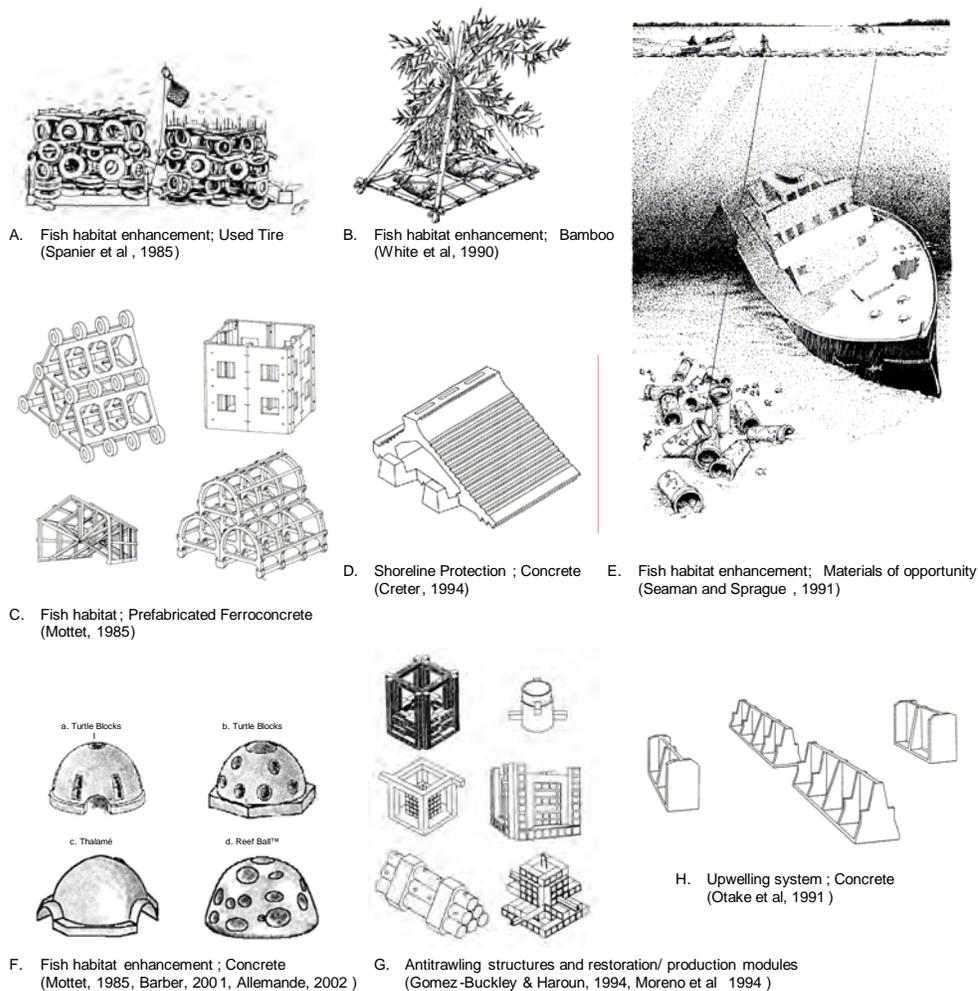
Penelitian-penelitian mengenai terumbu buatan telah sejak lama dilakukan oleh ahli-ahli biologi/ekologi laut dibanding ahli-ahli rekayasa pantai. Tinjauan penelitian tersebut biasanya terbatas pada aspek-aspek ekologis, misalnya mengenai keberadaan komunitas ikan dan hewan laut disekitar terumbu karang, produktifitas terumbu karang, atau perbandingan produktifitas antara terumbu buatan dan alamiah (e.g. Fitzhardinge and Bailey-Brock 1989, Pickering and Whitmarsh 1997, Ambrose and Swarbrick 1989). Sedangkan penelitian mengenai sifat-sifat hidraulis serta aspek teknis dari terumbu buatan masih jarang dilakukan. Sebaliknya, kajian-kajian yang dilakukan oleh ahli-ahli rekayasa pantai pada umumnya masih menitikberatkan pada kemampuan teknis suatu bangunan pemecah gelombang dalam mereduksi gelombang dan kinerjanya dalam melindungi pantai (e.g. Aono and Cruz 1996, Hayakawa et al 1998, Ohnaka and Yoshinawa 1994, Kawasaki and Iwata 1998).

Sementara itu, terjadi pergeseran paradigma rekayasa pantai dari pendekatan rekayasa secara teknis yang biasanya lugas (*hard engineering approach*) ke arah pendekatan yang lebih ramah lingkungan (*soft engineering approach*). Salah satu contoh misalnya adalah bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) yang semula ambangnya selalu terletak di atas muka air laut, kini diturunkan elevasinya hingga terletak dibawah air (*submerged breakwater*) (Aono and Cruz 1996, Hayakawa et al 1998, Ohnaka and Yoshinawa 1994, Kawasaki and Iwata 1998). Beberapa peneliti (Tsujimoto et al, 1999, Harris 2001, Hirose et al, 2002, Armono, 2003) menggabungkan unit-unit terumbu buatan dan tumpukan batu (*rubblemound*) untuk membentuk suatu *submerged composite beakwater*. Hal ini dilakukan untuk memungkinkan terjadinya sirkulasi arus laut yang lebih

baik, dan juga meningkatkan estetika pantai karena pandangan ke cakrawala tidak terhalang bangunan pantai sehingga pantai akan nampak lebih alamiah sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.1 berikut ini. Sedangkan berbagai bentuk dan bahan penyusun terumbu buatan ditunjukkan pada gambar 2.2.



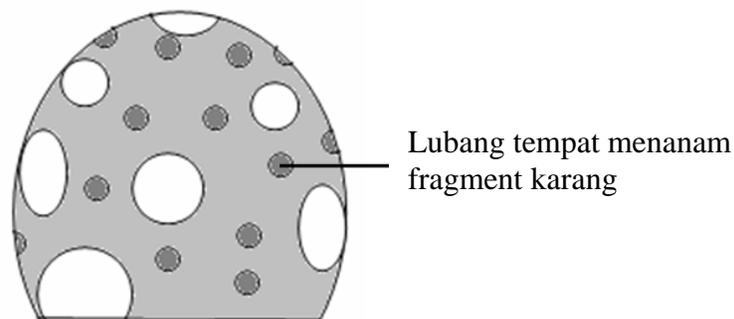
Gambar 2.1. Pemakaian Terumbu Buatan sebagai bangunan pelindung pantai



Gambar 2.2 Berbagai bentuk dan bahan penyusun Terumbu Buatan

Berbagai unit-unit terumbu buatan yang telah ditempatkan di sekitar perairan Pasir Putih Situbondo dalam kegiatan-kegiatan terdahulu yang dilakukan oleh Departemen dan Dinas Kelautan dan Perikanan, baik tingkat Pusat, Propinsi maupun daerah. Selain sebagai alat untuk meningkatkan kualitas habitat perairan, ada juga terumbu buatan yang sengaja dibanamkan untuk melindungi garis pantai dari serangan gelombang (Saptarini, 2008).

Sementara itu telah juga dilakukan studi numeris berbagai bentuk unit terumbu buatan sederhana dalam mereduksi gelombang datang (Armono, 2006). Dalam praktek di lapangan nantinya, unit-unit terumbu buatan diatur memanjang berjajar sebagai bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) dengan menempatkannya di atas tumpukan batu (*rubblemound*) seperti gambar 2.1 di atas. Selain berfungsi sebagai breakwater atau bangunan untuk mereduksi gelombang, terumbu buatan ini juga harus bisa berfungsi sebagai habitat berbagai jenis ikan dan hewan-hewan laut lainnya. Pada permukaan terumbu buatan ini ditransplantasikan terumbu karang hidup sebagai pemicu tumbuhnya karang alamiah pada terumbu buatan. Gambar 2.3 berikut menunjukkan letak-letak penempatan karang hidup pada terumbu buatan.



Gambar 2.3. Terumbu buatan sebagai media transplantasi karang

- ***Terumbu Karang***

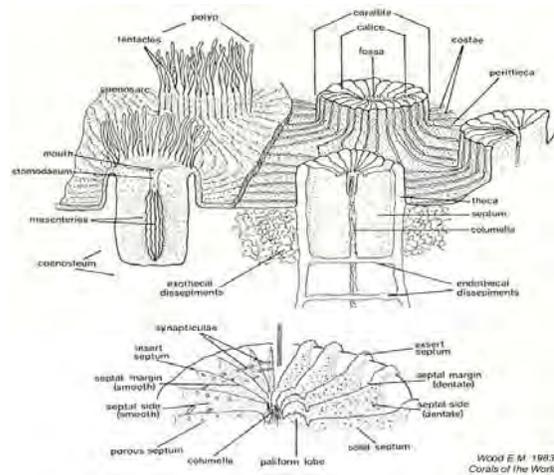
Terumbu karang adalah struktur di dasar laut berupa deposit kalsium karbonat di laut yang dihasilkan terutama oleh hewan karang. Karang adalah hewan tak bertulang belakang (Invertebrata) yang termasuk dalam filum

Cnidaria atau Coelenterata (hewan berongga). Karang (*coral*) umumnya berasal dari ordo Scleractinia, subkelas Octocorallia, kelas Anthozoa. Satu individu karang atau polip memiliki ukuran yang bervariasi (1 mm hingga 50 cm) namun umumnya berukuran kecil, misalnya karang dari genera *Acropora*, *Anacropora*, *Montipora*, dan *Pocillopora*. Polip berukuran besar umumnya ditemukan pada karang soliter, misalnya genus *Fungia* (Timotius, 2003). Struktur bangunan batuan kapur pada karang cukup kuat, sehingga koloni karang mampu menahan gaya gelombang air laut. Asosiasi-asosiasi organisme yang dominan hidup dan juga membentuk terumbu adalah alga berkapur (*coralline algae*) (Dawes 1981; Supriharyono 2000).

- ***Anatomi Karang***

Karang atau polip merupakan hewan sederhana berbentuk tabung dengan bagian-bagian tubuh sebagai berikut:

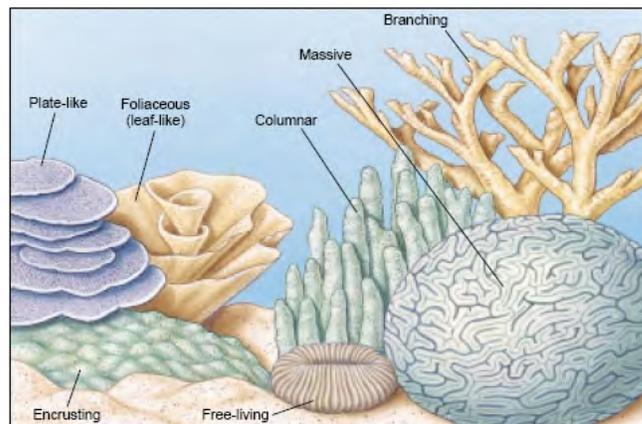
- a. Mulut terletak di bagian atas, dikelilingi oleh tentakel yang berfungsi untuk menangkap mangsa dari perairan (Suharsono 1996; Timotius 2003) dan sebagai alat pertahanan diri (Timotius, 2003).
- b. Tenggorokan pendek, rongga tubuh (coelenteron) merupakan saluran pencernaan.
- c. Tubuh terdiri atas dua lapisan, ektoderm dan endoderm (gastrodermis). Diantara keduanya dibatasi oleh lapisan mesoglea (Timotius, 2003). Lapisan ektoderm mengandung nematokista (*nematocyst*) dan sel mukus, sedangkan lapisan endodermisnya mengandung simbion zooxanthellae (Suharsono, 1996).
- d. Sistem saraf, otot, dan reproduksi masih sederhana namun telah berkembang dan berfungsi dengan baik (Suharsono, 2004).



Gambar 2.4 Struktur anatomi binatang karang
(Sumber: www.aims.gov.au)

- **Tipe Terumbu Karang**

Koloni karang memiliki berbagai bentuk, antara lain adalah *foliaceous* (seperti lembaran daun), *columnar* (seperti tabung silindris), *massive* (padat), *branching* (bercabang), *plate like* (seperti meja), dan *encrusting* (Castro and Huber, 2005).



Gambar 2.5. Berbagai bentuk koloni karang (Sumber: Castro and Huber, 2003)

Karang dapat dibedakan menjadi dua kelompok berdasarkan kebutuhannya akan cahaya matahari. Karang *hermatipik (hermatypic coral)* adalah kelompok karang yang tumbuh terbatas di daerah hangat dengan penyinaran yang cukup karena adanya simbion alga (zooxanthellae) (Suharsono,

2004), karang tipe ini merupakan pembentuk bangunan kapur atau terumbu karang (Supriharyono, 2000). Kelompok karang kedua adalah karang **ahermatipik** (*ahermatypic coral*) yang tidak membentuk terumbu karang (Supriharyono, 2000). Karang ahermatipik hidup di tempat yang lebih dalam. Karang hermatipik lebih cepat tumbuh dan lebih cepat membentuk deposit kapur daripada karang ahermatipik (Suharsono, 2004).

- *Dinamika Terumbu Karang*

Terumbu karang dapat dianggap sebagai suatu ekosistem yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Berbagai macam komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi dengan terumbu karang merupakan subyek yang turut membentuk sistem di luaran terumbu karang dan tidak berada dibawah kendali terumbu karang tersebut (Bradbury and Young, 1981). Keberadaan terumbu karang di suatu perairan laut paling tidak dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

a. Faktor fisik, meliputi:

Suhu

Karang merupakan organisme yang kehidupannya sangat dipengaruhi oleh suhu rata-rata air laut. Suhu yang sesuai untuk pertumbuhan dan hidup karang berkisar antara 25⁰ - 29⁰ C (Wells 1954 dalam Supriharyono, 2000). Sedangkan batas minimum dan maksimum suhu berkisar antara 16⁰ - 17⁰ dan 36⁰ C (Kinsman 1964 dalam Supriharyono, 2000), namun beberapa karang bahkan masih mampu hidup sampai batas suhu 36⁰ - 40⁰ C (Nybakken, 1997)..

Suhu yang mematikan bagi karang bukan hanya suhu yang ekstrem, namun fluktuasi suhu yang mendadak juga sangat berpengaruh (Supriharyono, 2000).

Cahaya

Cahaya terutama sangat berpengaruh bagi karang hermatipik, karena karang tipe ini memiliki endosimbion alga zooxanthellae, yang

mana alga tersebut memerlukan cahaya matahari untuk melangsungkan proses fotosintesis (Supriharyono, 2000). Tanpa pencahayaan yang cukup, rata-rata fotosintesis akan menurun, dan hal ini juga akan mengurangi kemampuan karang untuk mensekresikan kalsium karbonat dan membentuk terumbu. Terkait dengan cahaya adalah kedalaman. Umumnya karang (terutama karang hermatipik) tidak tumbuh pada kedalaman 50 - 70 meter, dan lebih mudah dijumpai pada kedalaman 25 m atau kurang (Nybakken, 1997).

Salinitas

Salinitas air laut di daerah tropis rata-rata $\pm 35\text{‰}$, sedangkan karang tumbuh dengan baik pada salinitas $\pm 34\text{‰} - 36\text{‰}$ (Kinsman 1964 dalam Supriharyono, 2000). Pengaruh salinitas terhadap karang bervariasi tergantung pada kondisi perairan laut setempat dan/atau pengaruh alam seperti runoff air tawar, badai, dan hujan sehingga kisaran salinitas dapat mencapai $17,5\text{‰} - 52,2\text{‰}$ (Vaughan 1919; Wells 1932 dalam Supriharyono, 2000).

Karang hermatipik merupakan organisme laut yang tidak dapat mentoleransi salinitas kurang dari salinitas rata-rata air laut (Nybakken, 1997). Akan tetapi, beberapa jenis karang bahkan dapat hidup pada salinitas 0‰ selama beberapa jam pada waktu air surut yang menerima limpahan air tawar dari sungai (Suprihayono 1986 dalam Supriharyono, 2000).

Sedimentasi

Aktifitas antropogenik yang berpotensi membebaskan sedimen (*terrigenous sediment*) diantaranya adalah pembangunan daerah pesisir, pertanian, pembukaan hutan, pengeboran minyak, dan sebagainya. Sedimen karbonat (*carbonate sediment*) dihasilkan dari erosi karang, baik secara fisik maupun biologis (bioerosi) (Supriharyono, 2000). Keberadaan sedimen tersebut menyebabkan perairan di sekitar terumbu

karang menjadi keruh, terutama setelah terjadi hujan atau badai, dan hal ini dapat mempengaruhi kehidupan karang.

Konsentrasi sedimen yang tinggi dapat langsung mematikan karang dengan cara menutupi polip karang dan organ penangkap mangsanya (Hubbard dan Pocock 1972; Bak dan Elgershuizen 1976; Bak 1978 dalam Supriharyono, 2000). Efek langsung sedimentasi lainnya adalah penutupan karang muda dan area rekrutmen bagi larva karang sehingga mengurangi populasi karang (Victor, 2005). Rogers (1977) menyatakan bahwa sedimentasi dapat menurunkan produktivitas koloni karang. Secara tidak langsung, sedimen akan mengurangi penetrasi cahaya matahari kedalam perairan dan menurunkan laju pertumbuhan karang (Pastorok dan Bilyard 1985; Supriharyono 1986 dalam Supriharyono, 2000). Selain itu, hara tanah yang terikat pada sedimen akan menyebabkan eutrofikasi dan *blooming* algae sehingga berkompetisi dengan karang dalam perebutan ruang hidup (Pomeroy *et al.* 1965 dalam Supriharyono, 2000).

Koral dapat memindahkan sejumlah kecil sedimen dengan memperangkap sedimen tersebut dalam mukus dan membuangnya melalui aksi cilliaris oleh tentakelnya (Nybakken, 1997).

Gelombang

Perkembangan terumbu karang lebih cepat pada area yang memiliki gelombang yang cukup kuat. Koloni karang dengan kerangka kapurnya resisten terhadap kerusakan akibat gelombang, namun pada saat yang sama, gelombang juga membawa air laut yang mengandung banyak oksigen dan mencegah penempelan sedimen pada koloni. Gelombang juga dapat membawa banyak zooplankton yang merupakan sumber makanan bagi karang (Nybakken, 1997).

Kerusakan akibat gelombang dapat mempengaruhi tingkat keanekaragaman terumbu, baik melalui gelombang yang bersifat kronik

maupun efek ekstrem dari badai yang bersifat destruktif (Setiapermana, 1997).

Terumbu karang merupakan suatu ekosistem yang bersifat stenotolerant, dalam artian bahwa terumbu karang hanya memiliki kisaran parameter lingkungan yang relatif sempit, terutama untuk faktor salinitas, suhu, dan sedimentasi (Kleypas *et al.*, 1999). Perubahan kecil parameter lingkungan dapat menyebabkan perubahan rata-rata pertumbuhan yang cukup signifikan (Meesters *et al.* 1998; Kaandorp 1999 dalam Crabbe and Smith, 2005). Perubahan salinitas, suhu, dan sedimentasi selain dapat merubah rata-rata pertumbuhan juga dapat menyebabkan perubahan diversitas dan kelimpahan karang (Lirman *et al.* 2003 dalam Crabbe and Smith, 2005).

b. Faktor biologi

Kompetisi

Kompetisi perebutan ruang dan cahaya sering terjadi antara karang dengan turf alga, antara karang dengan alga, dan diantara karang itu sendiri. Karang bercabang lebih cepat tumbuh daripada jenis karang yang lain, seperti karang masif atau *encrusting*. Dengan demikian, karang masif akan tertutupi oleh karang bercabang, sehingga kekurangan cahaya dan akhirnya mati (Nybakken, 1997). Lang (1973) dalam Nybakken (1997) mengemukakan bahwa karang yang lambat tumbuh (misalnya karang masif dan *encrusting*) dapat memanjangkan suatu filamen dari rongga gastrovaskulernya yang dapat mencerna dan membunuh bagian koloni species karang lain yang letaknya berdekatan.

Pertumbuhan alga juga membentuk kompetisi dengan karang. Peningkatan kandungan nutrisi dalam air laut (eutrofikasi) akan menyebabkan *blooming* alga, dimana pertambahan pertumbuhan alga akan menutupi karang dan bahkan menghalangi rekrutmen larva karang (Bruno *et al.* 2003 dalam Victor, 2005). Kompetisi antara karang dengan alga yang cepat tumbuh direduksi oleh invertebrata dan ikan-ikan

peramban (*grazer*), yang mana mekanisme ini menguntungkan bagi karang (Birkeland 1977 dalam Nybakken, 1997). Kompetisi perebutan ruang yang paling umum terlihat dalam suatu terumbu karang adalah kompetisi antara karang dengan organisme kriptofauna (*cryptofauna*) seperti spons, bryozoa, dan tunicata (Nybakken, 1997).

Pemangsaan (predasi)

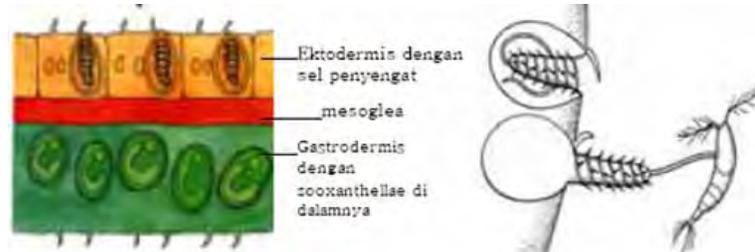
Hewan pemangsa karang biasanya hanya memakan polip karang saja, tetapi keseluruhan koloni (terumbu) tetap utuh. Bila polip yang tersisa cukup banyak, maka polip tersebut masih dapat melakukan recover terhadap terumbu yang telah mengalami pemangsaan. Beberapa pemangsa karang adalah moluska (famili Architectonidae, Epitoniidae, Ovulidae, Muricidae, dan Coralliophilidae). Hama pemangsa karang yang sangat terkenal adalah bintang laut mahkota duri (*Acanthaster planci*). Bintang laut ini hanya memakan karang hidup, dan keberadaannya dalam jumlah melimpah pada suatu terumbu akan berakibat fatal bagi terumbu tersebut, karena *A. planci* mampu makan dalam jumlah besar, sehingga dapat merusak seluruh koloni (Nybakken, 1997). Peledakan populasi *A. planci* seringkali dikaitkan dengan peningkatan *runoff* dari daratan (Birkeland 1982 dalam Victor, 2005).

▪ *Biologi Karang*

a. *Food habits* (kebiasaan makanan) dan *feeding habits* (kebiasaan cara makan)

Makanan utama karang adalah zooplankton (Castro and Huber, 2005) yang ditangkap dengan menggunakan kapsul sengat (*cnidoblast*) yang terdapat di ektodermis tentakelnya. Sel *cnidoblast* tersebut dilengkapi dengan alat penyengat (*nematocyst*) yang mengandung racun. Sel *cnidoblast* hanya aktif pada saat ada mangsa (zooplankton), terutama pada saat malam hari (Timotius, 2003).

Karang memperoleh sebagian besar energetik dan nutrisinya melalui dua cara, yaitu melalui hasil fotosintesis oleh zooxanthellae atau secara langsung menangkap zooplankton dari kolom perairan (Lesser, 2004).



Gambar 2.6. Sel *Cnidoblast* pada karang (Sumber: Timotius, 2003)

b. Reproduksi

Reproduksi karang terjadi secara seksual dan aseksual

1. Reproduksi aseksual

Terjadi melalui proses pertunasan, fragmentasi, *polip bail-out*, dan parthenogenesis.

- Pertunasan secara intratentakular adalah satu polip membelah menjadi dua polip, polip yang baru tumbuh dari polip yang lama. Pertunasan ekstratentakular yaitu tumbuhnya polip baru diantara polip-polip lama.
- Fragmentasi. Koloni baru terbentuk oleh patahan karang. Patahan koloni karang yang lepas dapat menempel di dasar perairan dan membentuk tunas serta koloni yang baru. Proses ini terutama terjadi pada karang bercabang (*branching coral*) yang mudah sekali patah namun memiliki laju pertumbuhan yang sangat cepat.
- Polip bail-out. Polip bailout adalah pembentukan polip dan koloni dari karang mati. Pada karang yang mati, kadang kala jaringan-jaringan yang masih hidup dapat meninggalkan skeletonya dan terbawa oleh air. Jika jaringan hidup tersebut menempel pada substrat yang sesuai, maka jaringan tersebut dapat tumbuh dan

membentuk polip serta koloni baru. Pada karang *Seriatopora hystrix*, proses *polyp bail-out* ini merupakan respon terhadap stress sekaligus sebagai proses reproduksi. Individu polip awalnya menempel pada rangka kapur yang lama, lalu terbawa oleh arus air, kemudian melekat pada substrat yang baru (Sammarco, 1982).

- Parthenogenesis adalah pertumbuhan larva karang dari sel telur yang tidak terbuahi.

2. Reproduksi seksual

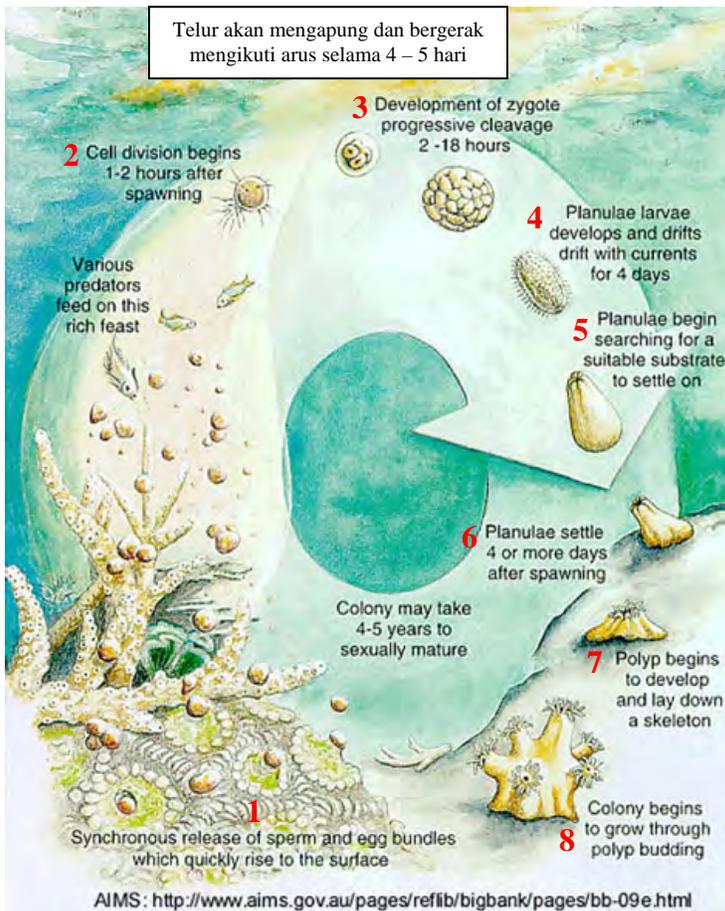
Reproduksi secara seksual terjadi melalui proses peleburan inti gamet jantan dengan inti gamet betina. Karang umumnya bersifat *gonochoris* (sel gamet jantan dan betina dihasilkan oleh individu yang berbeda) meskipun beberapa species bersifat *hermaphrodite* (sel gamet jantan dan betina dihasilkan oleh individu yang sama).

Berdasarkan proses pertemuan antara sel gamet jantan dan betina terdapat dua tipe reproduksi, yaitu *planulator (brooding)* dan *spawning*. Pada tipe *brooding*, sel telur dan sperma tidak dilepaskan ke kolom air. Zigot berkembang menjadi larva planula dalam tubuh polip induk, selanjutnya planula dilepaskan ke kolom air. Tipe reproduksi ini misalnya terjadi pada karang *Pocillopora damicornis* dan *Stylophora* sp. Karang tipe *spawning* melepaskan ovum dan sperma ke dalam kolom air, dan fertilisasi terjadi beberapa jam setelah ovum dan sperma dilepaskan. *Spawning* ini seringkali terjadi secara massal, sehingga disebut *mass spawning*. Reproduksi *spawning* misalnya terjadi pada karang genus *Favia*. Peristiwa *mass spawning* dapat terjadi selama beberapa hari atau beberapa bulan (Timotius, 2003).

c. Siklus hidup

Siklus hidup karang dimulai beberapa jam setelah peristiwa *mass spawning*. Sel sperma akan membuahi ovum 1 - 2 jam setelah *spawning*,

dilanjutkan pembelahan zigot selama \pm 18 jam. Zigot akan berkembang menjadi larva planula yang melayang-layang mengikuti arus di kolom perairan selama \pm 4 hari, lalu mulai mencari substrat yang cocok untuk menempel. Planula akan menempel pada substrat bila substrat tersebut memenuhi syarat dan mendukung pertumbuhannya. Substrat harus cukup kokoh, tidak ditumbuhi alga, penetrasi cahaya mencukupi, sedikit atau tidak terjadi sedimentasi, dan arus yang ada tidak terlalu kuat (mencukupi untuk adanya makanan). Setelah menempel, planula akan segera tumbuh menjadi polip dan mengalami kalsifikasi. Pembentukan koloni baru berlangsung selama 4 - 5 tahun setelah penempelan larva planula (Timotius, 2003).



Gambar 2.7. Siklus hidup hewan karang
(Sumber: www.aims.gov.au)

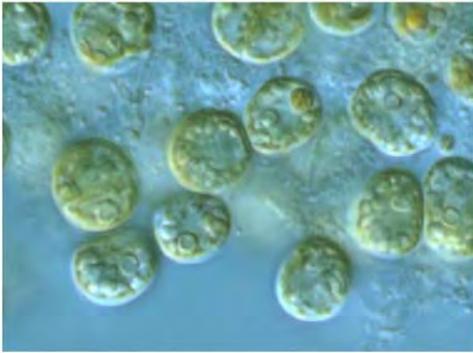
d. Asosiasi dengan zooxanthellae

Sebagian besar karang dan anemon di perairan tropis (filum Cnidaria) mengandung sejumlah besar populasi Dinoflagellata simbiotik (Gates *et al.*,

1992). Zooxanthellae merupakan algae Dinoflagellata yang bersimbiosis pada hewan, terutama Invertebrata. Zooxanthellae ini dapat hidup bebas, tidak selalu terdapat pada polip karang, namun sebagian besar ditemukan bersimbiosis dengan karang, dan ditemukan pada vakuola didalam lapisan gastrodermis (endoderm) karang (Gates *et al.* 1992; Timotius 2003). Zooxanthellae yang bersimbiosis terutama berasal dari genus *Symbiodinium*. Sampai saat ini, zooxanthellae utama yang diketahui terdapat dalam karang adalah *S. microadriaticum* (Lesser, 2004). Zooxanthellae dapat berada dalam tubuh polip melalui proses reproduksi polip. Pada reproduksi seksual, karang dapat mendapatkan zooxanthellae secara langsung dari induk, atau secara tidak langsung dari perairan. Pada reproduksi aseksual, zooxanthellae akan langsung dipindahkan ke koloni baru atau ikut bersama fragmen-fragmen karang yang terpisah dari koloni. Keberadaan zooxanthellae pada polip karang dapat mencapai lebih dari 1 juta sel per cm² permukaan karang (Timotius, 2003).

Polip karang merupakan habitat yang sesuai bagi zooxanthellae karena merupakan penyuplai terbesar kebutuhan zat anorganik untuk fotosintesis zooxanthellae. Zooxanthellae menerima kebutuhan nutrisi penting seperti amonia, fosfat, dan CO₂ dari sisa metabolisme karang (Trench 1979; Mueller-Parker and D'Elia 1997 dalam Lesser, 2004). Zooxanthellae sendiri menyediakan hasil fotosintesis seperti asam amino, gula, dan oksigen untuk karang. Selain itu, asosiasi dengan zooxanthellae juga akan mempercepat proses kalsifikasi (Timotius, 2003).

Beberapa jenis zooxanthellae dapat hidup bersama-sama pada satu jenis karang (Rowan dan Knowlton 1995; Rowan *et al.* 1997 dalam Westmacott *et al.*, 1997). Zooxanthellae dapat ditemukan dalam jumlah besar didalam setiap polip karang. Zooxanthellae ini hidup bersimbiosis dan memberikan warna, energi dari fotosintesis, dan 90% kebutuhan karbon karang (Sebens, 1987). Zooxanthellae menerima nutrisi-nutrisi penting dari karang dan memberikan 95% hasil fotosintesisnya kepada karang (Muscatine 1990 dalam Westmacott *et al.*, 2000).



Gambar 2.8. Zooxanthellae dalam polip karang (Sumber: Lesser, 2004)

▪ *Plankton*

Istilah *plankton* dapat diartikan sebagai kelompok organisme yang hanyut bebas dalam laut dan sangat lemah daya renangnya. Kemampuan berenang organisme-organisme planktonik sedemikian lemah sehingga mereka sama sekali dikuasai oleh gerakan-gerakan air. Plankton dapat dibagi menjadi dua golongan, yakni: *fitoplankton* terdiri dari tumbuhan laut yang bebas melayang dan hanyut dalam laut serta mampu berfotosintesis; dan *zooplankton* ialah hewan-hewan laut yang planktonik (Nybakken, 1988).

Penggolongan plankton dapat pula dilakukan berdasarkan ukuran plankton. Penggolongan ini tidak membedakan fitoplankton dari zooplankton, dan dengan cara ini dikenal lima golongan plankton, yaitu: (1) *megaplankton* untuk organisme planktonik yang besarnya lebih dari 2.0 mm; (2) *makroplankton* untuk organisme planktonik yang berukuran antara 0.2 mm - 2.0 mm; (3) *mikroplankton* untuk organisme planktonik yang berukuran 20 μm - 0.2 mm; (4) *nanoplankton* untuk organisme planktonik yang sangat kecil, yang berukuran 2 μm - 20 μm ; dan (5) *ultraplankton* untuk organisme berukuran planktonik yang berukuran kurang dari 2 μm . Tiga golongan pertama biasanya tertangkap oleh jaring-jaring plankton baku, sedangkan dua golongan lainnya tidak dapat ditangkap oleh jaring-jaring plankton baku. Untuk dapat menjaringnya diperlukan mata jaring yang sangat kecil (Nybakken, 1988).

Berdasarkan daur hidup organisme planktonik, plankton dibedakan menjadi dua jenis, yaitu (1) *holoplankton* merupakan organisme akuatik yang seluruh daur

hidupnya bersifat planktonik, sedangkan (2) *meroplankton* merupakan organisme akuatik yang hanya sebagian dari daur hidupnya bersifat planktonik. Termasuk dalam golongan meroplankton adalah berbagai larva hewan laut yang pada stadium dewasa hidup sebagai bentos atau nekton (Nybakken, 1988).

- ***Larva Invertebrata***

Larva merupakan tahap postembrionik dari siklus hidup yang berbeda dengan morfologi dewasa dan mampu melakukan pergerakan secara independen. Kebanyakan larva berasal dari gamet, hasil dari reproduksi seksual. Larva yang diproduksi secara seksual menghasilkan reproduksi ovipar, ovovivipar, atau vivipar (Young *et al.*, 2002).

Tipe Larva Invertebrata

Larva diklasifikasikan dengan macam nutrisinya, sisi perkembangan, penyebaran potensial, dan morfogenesis, dimana macam nutrisi merupakan yang paling sering digunakan.

Berdasarkan macam nutrisinya, larva digolongkan menjadi *planktotrophic*, *facultative planktotrophic*, dan *lecithotrophic*.

- ✘ Larva *lecithotrophic* bergantung sepenuhnya kepada cadangan makanan (*yolk*) yang terdapat pada telur.
- ✘ Larva *facultative planktotrophic* mampu mencari makanan dan akan melakukan hal tersebut apabila tidak tersedia makanan, tapi memiliki cukup *yolk* untuk melengkapi perkembangan tanpa mencari makan apabila memungkinkan.
- ✘ Sedangkan larva *planktotrophic* mendapatkan makanan selama perkembangannya yaitu dengan mengumpulkan dan menyatukan partikel atau menyerap molekul organik dari air laut. Larva *lecithotrophic* cenderung besar, ber-*yolk*, *opaque* (tidak transparan) dan banyak warna, sedangkan larva *planktotrophic* pada umumnya lebih kecil dan transparan (Young *et al.*, 2002).

Beberapa macam larva invertebrata yang sering dijumpai pada ekosistem terumbu karang antara lain: copepoda, amphipoda, dekapoda, larva veliger

gastropoda, *gelatinous zooplankton* (Palardy *et al.*, 2006); ostracoda, pteropoda (Anonim, 2005); nematoda, polychaeta (Palardy *et al.*, 2006); serta larva *Cirripedia nauplius* (Muzaki, 2007).

- ***Distribusi Larva Invertebrata***

Banyak invertebrata yang hidup di habitat bentik laut adalah sessil atau menempel dan memiliki larva planktonik yang dapat tersebar pada jarak yang sangat jauh. Organisme bentik ini bergantung pada penyebaran untuk menempati permukaan yang baru dan menambah populasinya Caley *et al.* 1996, Hughes *et al.* 2000, Menge 2000). Larva akan melekat pada permukaan substrat apabila substrat dan lingkungannya cocok dengan spesies tersebut (Pawlik, 1992). Variasi penerimaan (penempelan) atau penolakan pada substrat bergantung pada beberapa faktor yaitu; tersedianya larva (Gaines *et al.* 1985, Roughgarden *et al.* 1988, Farrel *et al.* 1991, Miron *et al.* 1995), perilaku larva (Mullineax and Garland, 1993), tersedianya substrat selama penempelan (Gaines *et al.* 1985, Minchiton dan Scheibling 1991), dan adanya interaksi dengan organisme lain (Menge, 2000). Jarak penyebaran larva bergantung pada kecepatan dan arah arus serta lama waktu yang dapat dihabiskan oleh larva didalam kolom air. Penyebaran plankton juga memiliki beberapa keterbatasan, semakin lama larva menghabiskan waktu pada stadium planktonik, kemungkinan untuk dapat bertahan hidup juga semakin rendah. Diperlukan keseimbangan antara peningkatan kemungkinan untuk menemukan sisi penempelan yang bagus dan penurunan kemungkinan mortalitas pada kolom air. Keough (1983) menarik kesimpulan bahwa terdapat tiga kemungkinan distribusi larva pada fase planktonik, yaitu (1) Tidak ada distribusi, larva tercampur dan ditransport oleh arus, (2) Distribusi skala kecil, yaitu pada skala sentimeter hingga meter dalam kumpulan larva, serta (3) Distribusi skala besar, yaitu pada skala kilometer (Graham, 1996).

2.2 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya

Kegiatan penelitian terumbu buatan telah dilakukan oleh para pengurus sejak tahun 2000. Selain itu juga telah dilakukan pada saat anggota peneliti mengambil Master, dan dilanjutkan ke tingkat Doktoral. Secara singkat riwayat kegiatan penelitian pengurus di bidang terumbu buatan untuk pelindung pantai dapat diringkas sebagai berikut:

Tahun	Judul Penelitian	Keterangan
1999	Flowfield around single and multiple hollow hemispherical artificial reefs used for fish habitat	Thesis Master Anggota Peneliti
2003	Hemispherically shaped artificial reefs	Disertasi Doktor Anggota Peneliti
2005	Pemodelan pola arus pada sekitar terumbu buatan dengan bentuk kubah dan kubus	Tugas Akhir mahasiswa S1 dengan bimbingan Anggota Peneliti
2006	Analisa Pengaruh Sudut Pada Submerged Breakwater Bentuk Segitiga Terhadap Redaman Gelombang	Tugas Akhir mahasiswa S1 dengan bimbingan Anggota Peneliti
2006	Perlindungan pantai ramah lingkungan dengan terumbu buatan	Penelitian DIPA LPPM - ITS. Anggota peneliti
2007	Analisa Tinggi Gelombang dan Kecepatan Partikel di Sekitar Terumbu Buatan di Pasir Putih, Situbondo	Tugas Akhir mahasiswa S1 dengan bimbingan anggota peneliti
2007	Pemodelan Terumbu Buatan Bentuk Silinder untuk Mereduksi Gelombang	Tugas Akhir mahasiswa S1 dengan bimbingan anggota peneliti
2007	Stabilitas dan Transmisi Kantong pasir sebagai 'submerged breakwater '	Penelitian Hibah Bersaing DP2M - Dikti
2007	Kinerja terumbu buatan bentuk kubah sebagai media transplantasi karang dan peredam gelombang	Penelitian Produktif Kerjasama LPPM - ITS oleh Ketua Peneliti
2007	Kecepatan Peertumbuhan Fragmen Karang <i>Acropora formosa</i> dan <i>Acropora nobilis</i> dengan Jumlah Percabangan yang Berbeda	Tugas Akhir mahasiswa S1 dengan bimbingan ketua peneliti
2008	Rancang Bangun Terumbu Buatan untuk Pelindung Pantai	Penelitian Hibah PascaSarjana DP2M - Dikti oleh anggota peneliti
2008	Keanekaragaman dan Kelimpahan Larva Invertebrata di Perairan sekitar Terumbu Buatan Pasir Putih, Situbondo	Tugas Akhir mahasiswa S1 dengan bimbingan ketua peneliti

2008	Kecepatan Pertumbuhan Fragmen Karang <i>Acropora formosa</i> yang memiliki Aksial Korallit dan Tanpa Aksial Korallit di Pasir Putih, Situbondo	Tugas Akhir mahasiswa S1 dengan bimbingan ketua peneliti
------	--	--

Sesuai dengan road map yang telah disusun, kegiatan penelitian ke depan difokuskan pada rancangan penempatan dan perbaikan rancangan bentuk geometri terumbu buatan yang memiliki kinerja lebih baik (secara fisik maupun ekologis) dari yang sudah ada. Unit terumbu buatan ini harus mudah dibuat, dengan teknologi sederhana, dan juga mudah untuk dibawa dan ditenggelamkan ke dasar laut. Material penyusun terumbu juga harus ramah lingkungan dan mampu meningkatkan biomass sekitarnya.

BAB III METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian yang akan dilakukan bersifat survey lapangan tahapan penelitian dan luaran yang diharapkan sebagai berikut:

Uraian Kegiatan	Luaran Kegiatan
Pengamatan Aspek Fisik meliputi : Pemetaan batimetri daerah studi, lokasi penempatan terumbu buatan, pengamatan morfologi pantai, pengukuran gelombang, arus, suhu, kecerahan, sedimentasi, karakteristik tanah dasar, dan turbiditas di sekitar daerah penempatan terumbu buatan	Informasi peta daerah studi, lokasi penempatan terumbu, pengamatan morfologi pantai, pengukuran gelombang, , arus, suhu, kecerahan, sedimentasi, dan turbiditas di sekitar daerah penempatan terumbu buatan

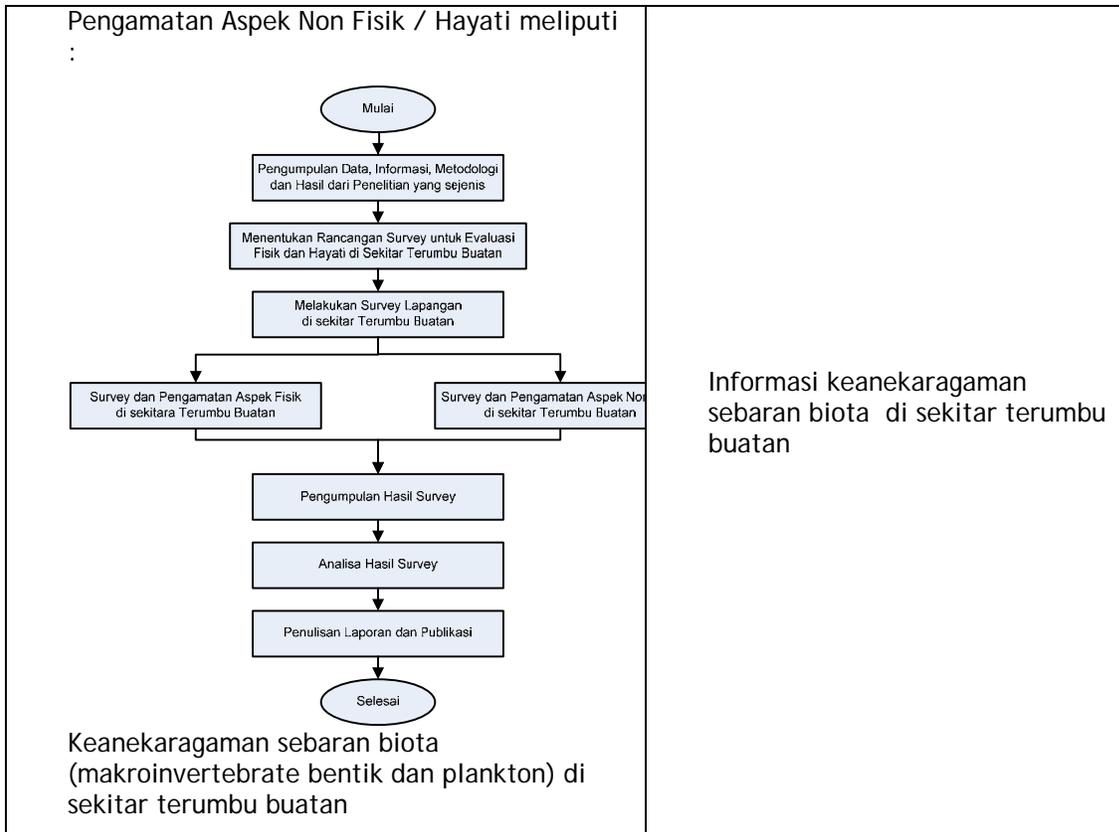
2008	Kecepatan Pertumbuhan Fragmen Karang <i>Acropora formosa</i> yang memiliki Aksial Korallit dan Tanpa Aksial Korallit di Pasir Putih, Situbondo	Tugas Akhir mahasiswa S1 dengan bimbingan ketua peneliti
------	--	--

Sesuai dengan road map yang telah disusun, kegiatan penelitian ke depan difokuskan pada rancangan penempatan dan perbaikan rancangan bentuk geometri terumbu buatan yang memiliki kinerja lebih baik (secara fisik maupun ekologis) dari yang sudah ada. Unit terumbu buatan ini harus mudah dibuat, dengan teknologi sederhana, dan juga mudah untuk dibawa dan ditenggelamkan ke dasar laut. Material penyusun terumbu juga harus ramah lingkungan dan mampu meningkatkan biomass sekitarnya.

BAB III METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian yang akan dilakukan bersifat survey lapangan tahapan penelitian dan luaran yang diharapkan sebagai berikut:

Uraian Kegiatan	Luaran Kegiatan
Pengamatan Aspek Fisik meliputi : Pemetaan batimetri daerah studi, lokasi penempatan terumbu buatan, pengamatan morfologi pantai, pengukuran gelombang, arus, suhu, kecerahan, sedimentasi, karakteristik tanah dasar, dan turbiditas di sekitar daerah penempatan terumbu buatan	Informasi peta daerah studi, lokasi penempatan terumbu, pengamatan morfologi pantai, pengukuran gelombang, , arus, suhu, kecerahan, sedimentasi, dan turbiditas di sekitar daerah penempatan terumbu buatan



- Keanekaragaman Larva Invertebrata

Pengambilan sampel larva invertebrata-planktonik dilakukan pada kedalaman 0 dan 3 m pada pagi, siang, dan malam dengan 3 kali ulangan pada hari yang berbeda. *Plankton net* yang digunakan untuk pengambilan sampel memiliki *mesh* 150 μm . Model pengambilan sampel adalah penarikan horizontal berkaitan dengan migrasi vertikal yang dilakukan oleh zooplankton tertentu ke arah dasar laut pada siang hari dan ke arah permukaan laut pada malam hari (Nybakken, 1988). Penarikan horizontal pada pengambilan sampel dilakukan dengan teknik penyelaman SCUBA (*Self Contained Underwater Breathing Apparatus*). Sampel plankton diawetkan menggunakan formalin 4% (Omori, 1992). Identifikasi jenis sesuai dengan buku acuan *Atlas of marine invertebrate larvae* (Young *et al.*, 2002) dan dihitung kelimpahannya.

Kelimpahan individu dapat diketahui dengan persamaan:

$$N = n/V$$

dengan :

N = Kelimpahan plankton per satu liter air (N/L)

n = Jumlah individu spesies i

V = Volume air yang disaring (L)

Volume air yang disaring dapat dicari melalui persamaan berikut;

$$V = \pi \times r^2 \times d$$

dengan:

V = Volume air yang disaring (L)

$\pi \times r^2$ = Luas mulut jaring

d = Jarak antara mulut jaring dan permukaan air laut (Wibisono, 2005)

Indeks kelimpahan memberikan gambaran suatu komposisi spesies serta dominansinya dalam komunitas. Untuk mengetahui indeks dominansi tiap spesies dipergunakan persamaan:

$$Di = ni/N \times 100 \%$$

dengan:

Di = Indeks kelimpahan spesies i

ni = Jumlah individu spesies i

N = Jumlah total individu

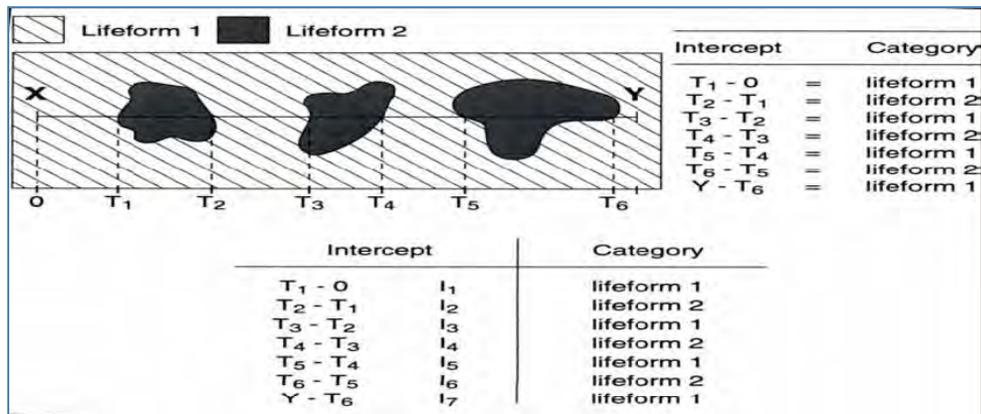
- Keanekaragaman makrofauna bentik - karang

Pengambilan data makrofauna bentik dilakukan di daerah Batulawang, Karang Mayit dan Teluk Pelita, menggunakan metode manta tow dan transek garis (LIT). Analisis Persentase total tutupan karang dipakai formulasi Cox (1967) dalam www.terangi.or.id:

$$\text{Percent Cover (\%)} = \frac{\text{Total panjang intersep per Life form}}{\text{Total panjang transek}} \times 100$$

Pengukuran koloni karang dilakukan dengan tingkat ketelitian mendekati centimeter. Dalam penelitian ini satu koloni dianggap satu individu. Jika satu koloni dari jenis yang sama dipisahkan oleh satu atau beberapa bagian yang mati maka tiap bagian yang hidup dianggap sebagai satu individu tersendiri (gambar 2.9). Jika dua koloni atau lebih tumbuh di atas koloni yang

lain, maka masing-masing koloni tetap dihitung sebagai koloni yang terpisah. Panjang tumpang tindih koloni dicatat yang nantinya akan digunakan untuk menganalisa kelimpahan jenis. Kondisi dasar dan kehadiran karang lunak, karang mati lepas atau masif dan biota lain yang ditemukan di lokasi juga dicatat.



Gambar 3.1. Teknik pencatatan data koloni karang pada metode transek garis (English et al, 1994)

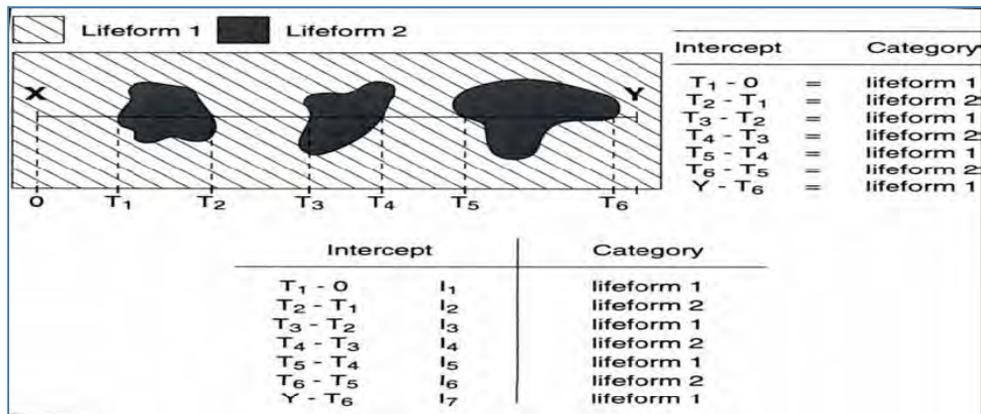
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Keanekaragaman Makrofaunadasar

Terumbu karang sebagai makrofauna dasar yang terdapat di perairan Pasirputih Situbondo pada umumnya memiliki tipe *fringing-reef*. Kondisi penutupan karang di Batulawang pada kedalaman 10 meter didapatkan hasil tingkat penutupan Hard Coral (*Acropora*) 0,61%, Hard Coral (*NonAcropora*) 34,53%, Karang mati (*Dead Coral*) 1,23%. Tingkat kerusakan ditunjukkan dengan di jumpainya Sand (pasir) mencapai 33,73% jika dibandingkan dengan jumlah bentuk life form yang ada pada kedalam tersebut.

Hasil persentasi *Acropora* dan *NonAcropora* dapat dilihat dalam diagram berikut :

lain, maka masing-masing koloni tetap dihitung sebagai koloni yang terpisah. Panjang tumpang tindih koloni dicatat yang nantinya akan digunakan untuk menganalisa kelimpahan jenis. Kondisi dasar dan kehadiran karang lunak, karang mati lepas atau masif dan biota lain yang ditemukan di lokasi juga dicatat.



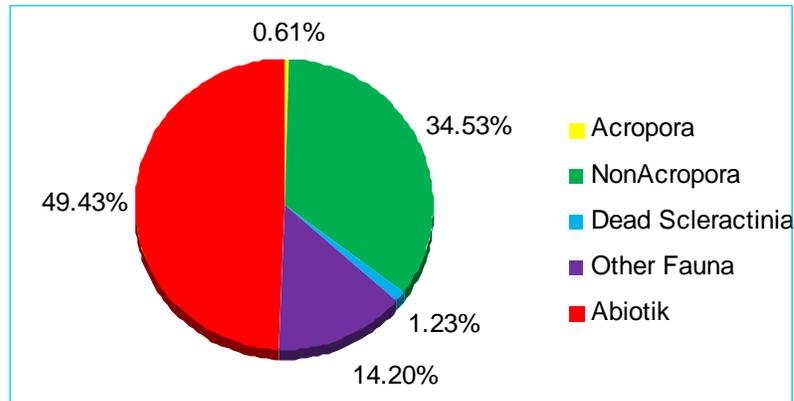
Gambar 3.1. Teknik pencatatan data koloni karang pada metode transek garis (English et al, 1994)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Keanekaragaman Makrofaunadasar

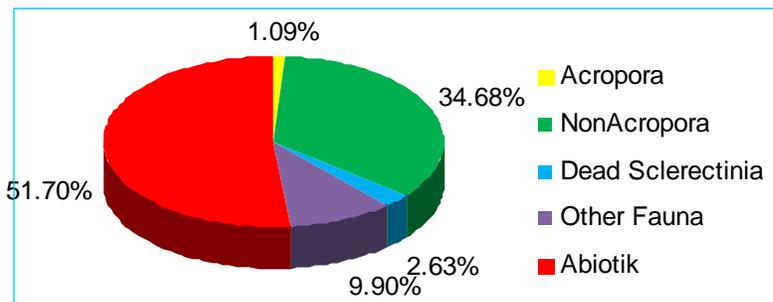
Terumbu karang sebagai makrofauna dasar yang terdapat di perairan Pasirputih Situbondo pada umumnya memiliki tipe *fringing-reef*. Kondisi penutupan karang di Batulawang pada kedalaman 10 meter didapatkan hasil tingkat penutupan Hard Coral (*Acropora*) 0,61%, Hard Coral (*NonAcropora*) 34,53%, Karang mati (*Dead Coral*) 1,23%. Tingkat kerusakan ditunjukkan dengan di jumpainya Sand (pasir) mencapai 33,73% jika dibandingkan dengan jumlah bentuk life form yang ada pada kedalam tersebut.

Hasil persentasi *Acropora* dan *NonAcropora* dapat dilihat dalam diagram berikut :



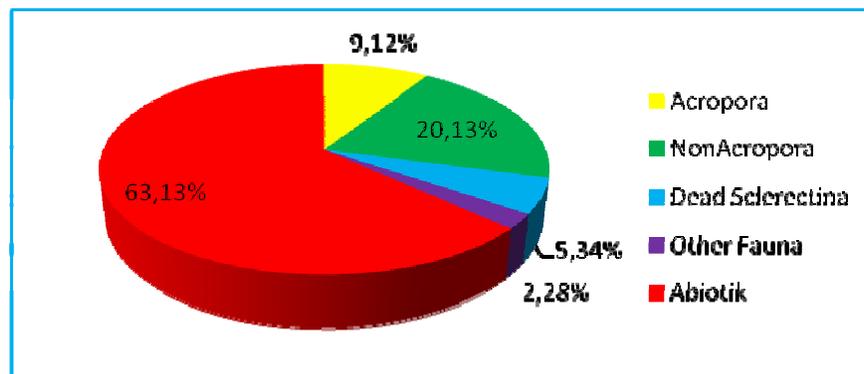
Gambar 4.1. Tutupan karang di Batulawang kedalaman 10 m

Sedangkan kondisi terumbu karang pada kedalaman 8 meter mengalami tingkat kerusakan yang ditandai dengan adanya jumlah persentasi Sand yang mencapai nilai 17,26% dan pecahan karang yang mencapai 17,94 % sedangkan Bentik lifeform hanya mencapai nilai 34,68% untuk Hard Coral (NonAcropora).



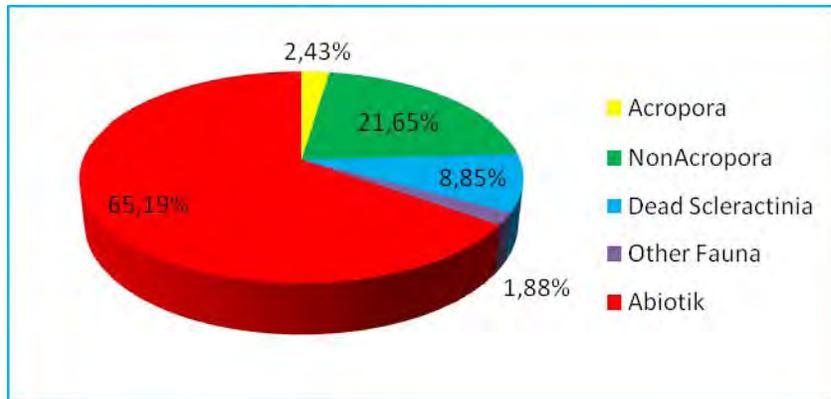
Gambar 4.2. Tutupan karang di Batulawang kedalaman 8 Meter

Sedang tutupan karang pada kedalaman 5 meter di Batulawang sebagai berikut :



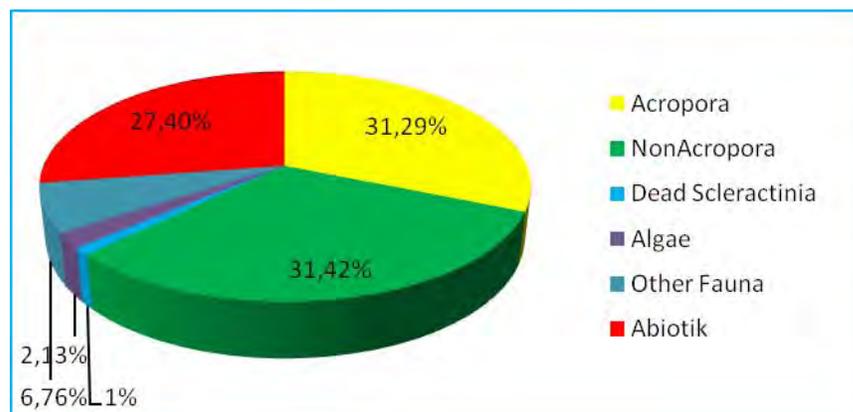
Gambar. 4.3. Tutupan karang di Batulawang pada kedalaman 5m

Kondisi karang Batulawang pada kedalaman 3 meter, tingkat kerusakan lebih banyak dijumpai, hal ini disebabkan karna adanya aktivitas nelayan yang menangkap ikan dengan menggunakan Bom, racun sianida, jaring maupun bubu. Hasil persentasi Acropora dan NonAcropora dapat dilihat dalam diagram berikut :



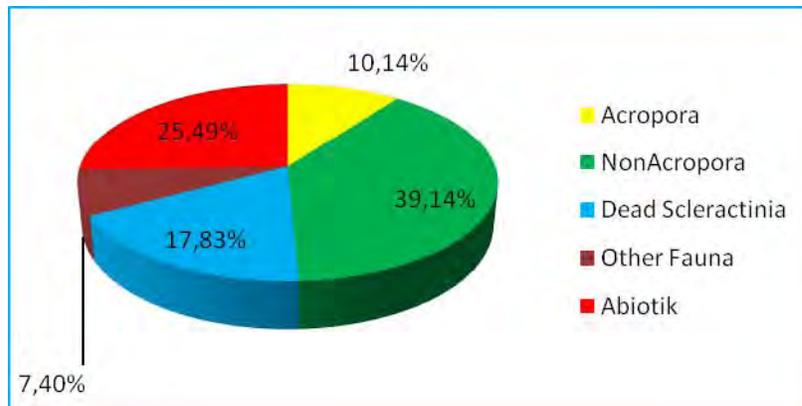
Gambar. 4.4. Tutupan karang di Batulawang kedalaman 3 meter.

Kondisi terumbu karang di Karang Mayit di kedalaman 10 meter, masih ditemukan Bentic Lifeform dengan keragaman jenis karang. Pada hasil Transect Line, dijumpai Hard Coral (Acropora) dalam jumlah besar mencapai 31,29%, sedangkan Hard Coral (NonAcropora) 31,42%, karang mati (Dead Scleractinia) 1%, Algae 2,13%, Other Fauna 6,76% dan Abiotik 27,4%.



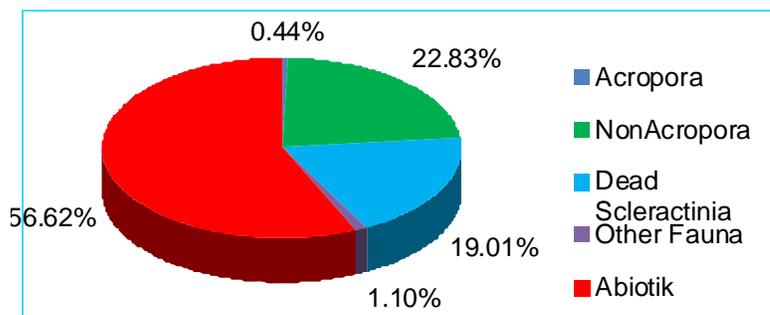
Gambar. 4.5. Tutupan karang di Karangmayit kedalaman 10 meter.

Sedang pada kedalaman 8 meter, jumlah Bentic Lifeform mulai berkurang. Untuk hasil Transect Line, Hard Coral (Acropora) dijumpai dalam jumlah lebih rendah $\pm 7,13\%$, Hard Coral (NonAcropora) 31,54%, karang mati (Dead Scleractinia) 16,5%, Other Fauna 4,4% dan Abiotik 22,49%. Pada kedalaman ini, banyak ditemukan karang mati dan pecahan karang (gambar 4.8)



Gambar. 4.6. Tutupan karang di Karang Mayit kedalaman 8 meter.

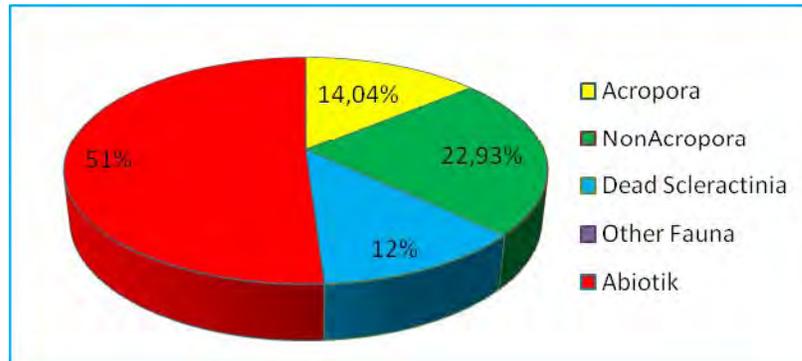
Pada kedalaman 5 meter, jumlah Bentic Lifeform juga mengalami penurunan. Tutupan Hard Coral (Acropora) hanya 0,44%, Hard Coral (NonAcropora) 22,88%, karang mati (Dead Scleractinia) 19,74%, Other Fauna 1,10% dan Abiotik 57,62%. Karang mati dalam bentuk pecahan karang dan pasir (Sand) dijumpai dalam jumlah yang banyak.



Gambar. 4.7. Tutupan karang di Karang Mayit pada kedalaman 5meter.

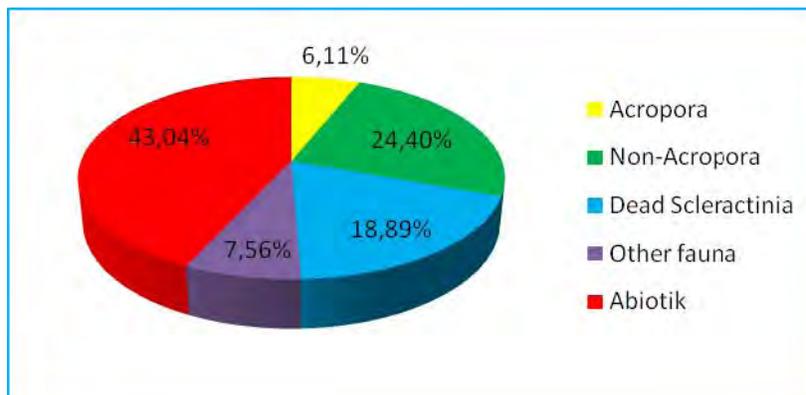
Untuk lokasi survey di Karang Mayit di kedalaman 3 meter, dijumpai Bentic Lifeform dengan keragaman jenis karang dominan dari jenis NonAcropora. Pada hasil Transect Line, dijumpai Hard Coral (Acropora) 14,04%,

sedangkan Hard Coral (NonAcropora) 22,93%, karang mati (Dead Scleractinia) 12,005, Other Fauna 0,03% dan Abiotik 51,00% (gambar 4.10).



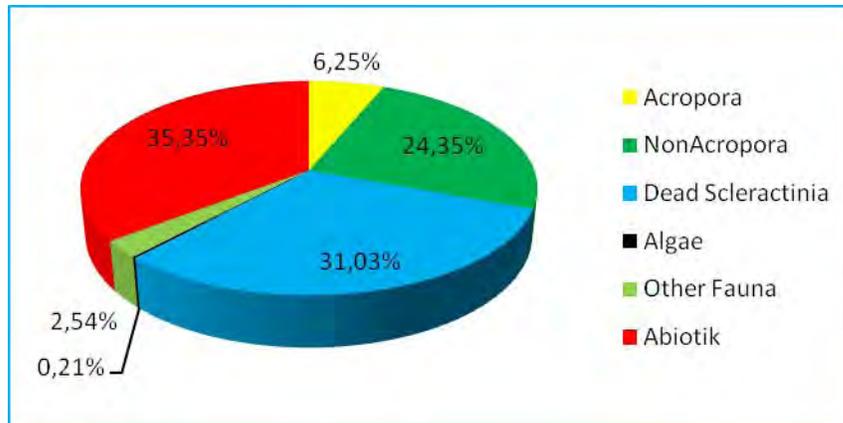
Gambar. 4.8. Tutupan karang di Karang Mayit kedalaman 3 meter.

Lokasi pengamatan ketiga adalah Teluk Pelita. Pada kedalaman 10 meter, masih ditemukan *Bentic Lifeform* dengan keragaman jenis karang dan dominasi oleh jenis NonAcropora. Dibandingkan dengan daerah Karang Mayit, keragaman jenis karang di Teluk Pelita relatif lebih sedikit yang ditunjukkan dengan tutupan Hard Coral (Acropora) mencapai 6,28%, Hard Coral (NonAcropora) 22,40%, karang mati (Dead Scleractinia) 18,89%, Other Fauna 7,56% dan Abiotik 43,04% (gambar 4.11).



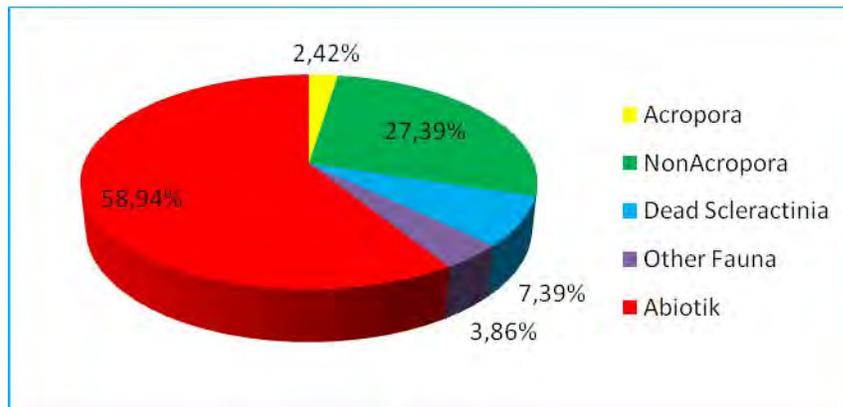
Gambar. 4.9. Tutupan karang di Karang Mayit kedalaman 3 meter.

Kondisi karang Teluk Pelita di kedalaman 8 meter, dengan tutupan Hard Coral (Acropora) 6,25%, Hard Coral (NonAcropora) 24,35%, karang mati (Dead Scleractinia) 31,03%, Algae 0,21%, Other Fauna 2,54% dan Abiotik 35,35% (gambar 4.12). Pada kedalaman ini banyak di temukan batuan keras yang sudah mati.



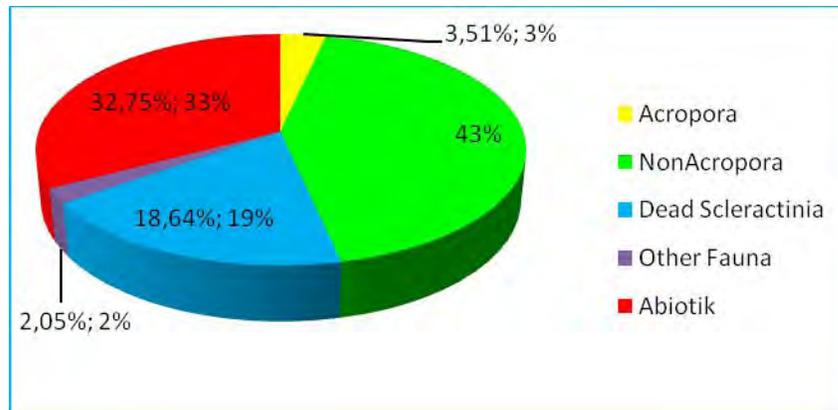
Gambar. 4.10. Tutupan karang di Teluk Pelita kedalaman 8 meter.

Kondisi karang Teluk Pelita di kedalaman 5 meter, di temukan Hard Coral (Acropora) 2,42%, Hard Coral (NonAcropora) 27,39%, karang mati (Dead Scleractinia) 7,39%, Other Fauna 3,86% dan Abiotik 58,94%. Pada kedalaman 5 meter ini, pasir (Sand) dan batu (Rock) dominan dengan tutupan mencapai 37,93% dan 20,36%.



Gambar. 4.11. Tutupan karang diTeluk Pelita kedalaman 5 meter.

Kondisi karang Teluk Pelita di kedalaman 3 meter, di dominasi oleh jenis NonAcropora. Pada hasil Transect Line, dijumpai *Hard Coral* (Acropora) 3,51%, *Hard Coral* (NonAcropora) 43,05%, karang mati (*Dead Scleractinia*) 18,64%, *Other Fauna* 2,05% dan Abiotik 32,75%. Keanekaragaman makrofauna bentik lain dijumpai pada lokasi ini yang diduga dipengaruhi oleh adanya penempatan terumbu karang buatan bentuk Reefball dan kubus.



Gambar. 4.12. Tutupan karang di Teluk Pelita kedalaman 3 meter

Secara keseluruhan kondisi dan kenakeragaman makrofauna benthik - terumbu karang di perairan Pasir Putih Situbondo, sekitar terumbu buatan sebagai berikut :

Tabel. 4.1. Hasil Persentase tutupan karang di Perairan Pasirputih Situbondo

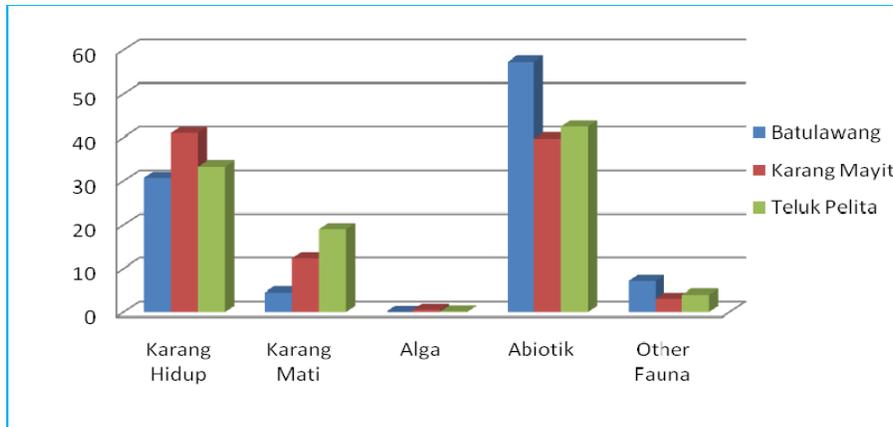
Lokasi	Kedalaman	Porsentase Tutupan karang				
		Karang Hidup	Other Fauna	Alga	Abiotik	Karang Mati
Batulawang	10	35,14	14,20	0,00	49,43	1,23
	8	35,77	9,90	0,00	51,70	2,63
	5	29,25	2,28	0,00	63,13	5,34
	3	24,08	1,88	0,00	65,19	8,85
		31,06	7,07	0,00	57,36	4,51
Karang Mayit	10	62,71	6,76	2,13	27,40	1,00
	8	49,28	7,40	0,00	25,49	17,83
	5	23,27	1,10	0,00	56,62	19,01
	3	36,97	0,03	0,00	51,00	12,00
		43,06	3,82	0,53	40,13	12,46
Teluk Pelita	10	30,51	7,56	0,00	43,04	18,89
	8	30,87	2,54	0,21	35,35	31,03
	5	29,81	3,86	0,00	58,94	7,39
	3	46,56	2,05	0,00	32,75	18,64
			34,44	4,00	0,05	42,52

Tabel 4.1 diatas menunjukkan rata-rata kondisi terumbu karang yang secara umum termasuk dalam kategori rusak (buruk) hingga kategori bagus berdasarkan Kepmen Lingkungan Hidup (2001) dengan detail sebagai berikut:

1. Lokasi Batulawang, kondisi terumbu karang Sedang dengan rata-rata persentase tutupan karang hidup 31,06% , tutupan biota lain (OT) 7,07 % , tutupan alga (AL) 0,00% dan tutupan benda mati (AB) 57,36%. Dari tiap

kedalaman, pada kedalaman 3 meterlah yang memiliki tingkat kerusakan sangat tinggi (kondisi sangat **Buruk**) dimana hanya ditemukan karang hidup hanya 24,08% dan abiotiknya mencapai nilai 65,19%.

2. lokasi Karang mayit, rata-rata persentase tutupan karang kondisi **Sedang**, dimana karang hidup 43,06%, biota lain 3,82%, alga 0,53% dan tutupan benda mati (Abiotik) 40,13%. Dari tiap kedalaman, pada kedalaman 10 meter kondisi karang relatif baik yaitu 62,71% (**Kondisi baik**) sedangkan pada kedalaman 5 meter, kondisinya sangat **Buruk** yaitu 23,32% dan abiotiknya 56,62%.
3. Pada lokasi Teluk Pelita, rata-rata persentase tutupan karang dalam kondisi **Sedang**, dimana karang hidup hanya 34,44 %, biota lain 4,00%, alga 0,05% dan abiotik 42,52%. Dari tiap kedalaman di Teluk Pelita, kedalaman 5 meterlah yang memiliki persentase tutupan karang sangat sedikit dimana karang hidup hanya 29,81% dan abiotiknya mencapai nilai 58,94%.
4. Dari kedalaman yang mewakili kondisi terumbu karang dalam dan laut dangkal di perairan Pasirputih, persentasi tutupan karang dengan kondisi baik berada/dijumpai pada kedalaman 'dalam' (10 dan 8 meter) sedang di kedalaman yang lebih dangkal (5 dan 3 meter) relative lebih buruk kondisinya.
5. Hasil total data karang di perairan Pasirputih Situbondo dengan lokasi penelitian di Batulawang, Karang Mayit dan Teluk Pelita dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar. 4.13. Hasil Total Persentase (%) Intercept Transect Line di Perairan Pasirputih Situbondo

Keragaman Jenis Terumbu Karang pada tiap lokasi

Berdasar hasil Transec Line, Hard Coral jenis NonAcropora lebih mendominasi pada setiap lokasi penelitian.

Tabel. 4.2. Keragaman Jenis Karang di Perairan Pasirputih Situbondo

Bentic Lifeform	Spesies/Lokasi		
	Batulawang	Karang Mayit	Teluk Pelita
Acropora	<i>Acropora formosa</i> <i>A. hyacinthus</i> <i>A. sarmentosa</i> <i>A. humilis</i> <i>A. grandis</i> <i>A. palifera</i>	<i>Acropora formosa</i> <i>A. hyacinthus</i> <i>A. sarmentosa</i> <i>A. humilis</i> <i>A. grandis</i> <i>A. palifera</i> <i>A. aspera</i>	<i>Acropora Formosa</i> <i>A. hyacinthus</i> <i>A. sarmentosa</i> <i>A. humilis</i> <i>A. grandis</i> <i>A. palifera</i> <i>A. aspera</i>
Non Acropora	<i>Ctenactis sp</i> <i>Favites sp</i> <i>Fungia sp</i> <i>Goniopora sp</i> <i>Heliofungia actiniformis</i> <i>Hydnophora rigida</i> <i>Leptoseris sp</i> <i>Monstastrea sp</i> <i>Montipora foliosa</i> <i>Porites cylindrical</i> <i>Porites sp</i>	<i>Anacopora reticulate</i> <i>Astreopora listeri</i> <i>Ctenactis sp</i> <i>Favia lizardensis</i> <i>Favites complanata</i> <i>Favites sp</i> <i>F. pentagona</i> <i>Fungia sp</i> <i>Leptoseris sp</i> <i>Montipora foliosa</i>	<i>Diploastrea heliopora</i> <i>Favites sp</i> <i>Fungia sp</i> <i>Goniopora sp</i> <i>Hynophora rigida</i> <i>Leptoseris sp</i> <i>Lobophyllia sp</i> <i>Montipora foliosa</i> <i>M. monastteriata</i> <i>Monstastrea sp</i> <i>Porites</i>

	<i>P. lichen</i> <i>P. lobata</i> <i>P. lutea</i> <i>p. nigrescens</i> <i>p. rus</i> <i>Pocillopora</i> <i>verrucosa</i> <i>Seriatopora</i> <i>hystrix</i> <i>S. caliendrum</i> <i>Stylophora</i> <i>pistillata</i>	<i>M. informis</i> <i>M. undata</i> <i>P. cylindrical</i> <i>P. lichen</i> <i>P. lobata</i> <i>P. lutea</i> <i>P. nigrescens</i> <i>Pavona sp</i> <i>Platygyra</i> <i>deadlea</i> <i>Porites sp</i> <i>Stylophora</i> <i>pistillata</i>	<i>cylindrical</i> <i>Porites sp</i> <i>P. deadalea</i> <i>P. lichen</i> <i>P. lobata</i> <i>P. lutea</i> <i>p. nigrescens</i> <i>p. rus</i> <i>Pavona sp</i> <i>Platygyra sp</i> <i>Seriatopora</i> <i>hystrix</i> <i>Stylophora</i> <i>pistillata</i>
Algae		<i>Plumularia sp</i>	
Other Fauna	<i>Cenometra sp</i> <i>Cinachyra sp</i> <i>Comanthina sp</i> <i>Culcita</i> <i>novaeguineae</i> <i>Dendronephyta sp</i> <i>Haliclona sp</i> <i>Junicieela fragilis</i> <i>Plaktoris nigra</i> <i>Sacrophyton sp</i> <i>Spongisorites sp</i> <i>Tridaena crocea</i> <i>Xestospongia</i> <i>xigua</i> <i>X. testudinaria</i> <i>Zoantharia</i>	<i>Ascidian sp</i> <i>Auletta sp</i> <i>Cenometra sp</i> <i>Cinachyra sp</i> <i>Geliodes sp</i> <i>Junicieela</i> <i>fragilis</i> <i>Sacrophyton sp</i> <i>Sinularia sp</i> <i>Tridacna crocea</i> <i>Turbinaria</i> <i>frondens</i> <i>Xestospongia</i> <i>exigua</i> <i>X. teestudinaria</i>	<i>Ascidian sp</i> <i>Cenometra sp</i> <i>Gorgonian fan</i> <i>Haliclona sp</i> <i>Olive shell</i> <i>Plakortis nigra</i> <i>Spongisorites sp</i> <i>Tridaena crocea</i> <i>Xestospongia</i> <i>exigua</i> <i>X. testudinaria</i>

Dari tabel 4.2. keragaman jenis karang yang ditemukan diperairan Pasir putih Situbondo dengan lokasi penelitian di Batulawang, adalah 6 jenis Acropora, 20 jenis NonAcropora, dan 14 jenis Fauna lainnya. Di Karang Mayit terdapat 7 jenis Acropora, 21 jenis NonAcropora, 1 jenis Algae dan 12 jenis Fauna lainnya, dan di Teluk Pelita adalah : 7 jenis Acropora, 22 jenis NonAcropora dan 11 jenis Fauna lainnya.

4.2. Keanekaragaman Plankton - Zooplankton

Pengambilan sampel larva invertebrata planktonik dilakukan dengan teknik penyelaman SCUBA (*Self Contained Underwater Breathing Aparatus*), *plankton net* NORPAC ditarik secara horizontal mengelilingi terumbu buatan. Sampling dilakukan di kedalaman 3 m pada pagi, siang, dan malam dengan 3 kali ulangan pada hari yang berbeda.

Identifikasi larva invertebrata planktonik dilakukan dengan menggunakan kunci determinasi menurut Young *et al* (2002), dan teridentifikasi sebanyak 53 taksa yang diwakili oleh 31 famili, 31 ordo, 17 kelas, dan 12 filum (Tabel 4.3). Pada penelitian tidak ditemukan larva invertebrata planktonik hewan karang pembentuk terumbu.

Tabel 4.3. Pengelompokan Taksa Larva Invertebrata Planktonik Berdasarkan Waktu Pengambilan Sampel

No.	Taksa yang Ditemukan	Sampel Pagi	Sampel Siang	Sampel Malam
1.	Copepoda calanoida spesimen 1 (Acartiidae)	1	1	1
2.	Copepoda cyclopoida (Oithonidae)	1	1	1
3.	Copepoda monstrilloida (ordo monstrilloida)	1	1	1
4.	Copepoda harpacticoida spesimen 1 (Ectinosomatidae)	1	1	1
5.	Ostracoda (Halocyprididae)	1	1	1
6.	<i>Evadne</i> sp. (Polyphemidae)	1	1	1
7.	<i>Creseis</i> sp. (Cavolinidae)	1	1	1
8.	Larva bivalvia spesimen 1 (Cavolinidae)	1	1	1
9.	Larva gastropoda spesimen 1 (sub kelas Prosobranchia)	1	1	1
10.	Larva gastropoda spesimen 2 (sub kelas Prosobranchia)	1	1	1
11.	Ophiopluteus (ordo ophiurida)	1	1	1
12.	Appendicularia (Oikopleuridae)	1	1	1
13.	Zoea brachyuran (Portunidae)	1	1	1
14.	Larva pilidium (Lineidae)	1	1	1
15.	Lingula (Lingulidae)	1	1	1
16.	Siphonophora (Diphyidae)	1	1	1
17.	Larva polychaeta spesimen 1 (Spionidae)	1	1	1
18.	Polychaeta spesimen 1 (Spionidae)	1	1	1
19.	Larva euphausid (Euphausiidae)	1	1	1
20.	Larva nauplii teritip (kelas cirripedia)	1	1	1
21.	Copepoda calanoida spesimen 2 (Centropagidae)	1	1	1

22.	Sapphirina (Sapphirinidae)	1	1	1
23.	Juvenil polychaeta; Ianice (Terebellidae)	1	1	1
24.	Larva bivalvia spesimen 2 (Nuculidae)	1	0	1
25.	Larva udang (Palaemonidae)	1	0	1
26.	Larva isopoda (ordo isopoda)	1	0	1
27.	Megalopa brachyuran (infraorder brachyuran)	1	0	1
28.	Larva mitraria (Oweniidae)	1	0	1
29.	Polychaeta spesimen 2 (Nereididae)	0	1	1
30.	Echinopluteus (ordo echinoida)	0	1	1
31.	Larva copepod (kelas copepod)	1	0	1
32.	<i>Doliolum</i> sp. (Doliolidae)	0	1	1
33.	Cyphonates (filum bryozoa)	1	0	1
34.	Auricularia (kelas holothuroidea)	1	0	1
35.	Tanaidacean (ordo tanaidacea)	1	0	1
36.	Cumacean (ordo cumacea)	0	1	1
37.	Larva udang penaeid (Penaeidae)	0	1	1
38.	Larva veliger <i>Creseis</i> sp. (Cavolinidae)	1	0	0
39.	Gammarid amphipod (ordo amphipoda)	0	0	1
40.	Larva polychaeta spesimen 2 (Nereididae)	0	0	1
41.	<i>Lucifer</i> sp. (Luciferidae)	0	0	1
42.	Misis <i>Lucifer</i> sp. (Luciferidae)	0	0	1
43.	Beroe (Beroidae)	0	1	0
44.	Copilia (Sapphirinidae)	0	0	1
45.	Monogenea (sub kelas monogenea)	1	0	0
46.	Copepoda harpacticoida spesimen 2 (Aegisthidae)	0	1	0
47.	Larva actinotroch (filum phoronida)	0	1	0
48.	Salpida (Salpidae)	0	1	0
49.	<i>Pleurobrachia</i> sp. (Pleurobrachiidae)	0	1	0
50.	<i>Obelia</i> sp. (Campanularidae)	0	1	0
51.	Larva eucalanida (Eucalanidae)	0	1	0
52.	Zoea anomura (Porcellanidae)	0	0	1
53.	Larva teripang (kelas holothuroidea)	0	0	1
	Jumlah Taksa	34	35	44

Keterangan: 1: ditemukan
2: tidak ditemukan

Dominansi taksa larva invertebrata planktonik berdasarkan waktu pengambilan sampel disajikan pada Tabel 4.4.

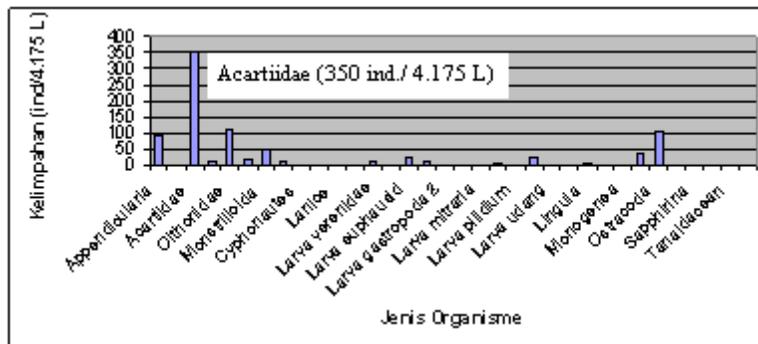
Tabel 4.4. Dominansi Taksa Masing-masing Sampel

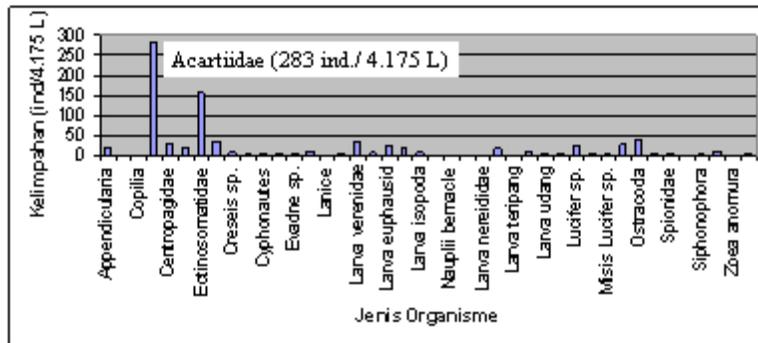
No.	Jenis Sampel	Organisme (Taksa)	Di (%)
1.	Pagi	Copepoda calanoida (Acartiidae)	39,86
2.	Siang	Copepoda calanoida	34,22

		(Acartiidae)	
3.	Malam	Copepoda calanoida (Acartiidae)	34,68

Keseluruhan sampel didominasi oleh copepoda calanoida famili Acartiidae (subkelas copepoda). Copepoda merupakan hewan yang paling melimpah di bumi dan juga herbivora yang sangat penting di lautan. Copepoda memiliki peran penting pada rantai makanan di lautan karena peranannya sebagai sumber makanan utama bagi karnivor, termasuk jenis-jenis ikan untuk kepentingan komersial (Pechenik, 2000). Calanoida merupakan copepoda yang jumlahnya paling banyak di lingkungan pelagis baik di laut maupun air tawar (Bradford-Grieve, 2002). Copepoda calanoida famili Acartiidae juga dikenal sebagai copepoda calanoida dengan habitat di sekitar permukaan (0 - 50 m) perairan pesisir yang dangkal (Gale, 2004), sehingga Acartiidae menjadi plankton yang dominan pada keseluruhan sampel.

Kelimpahan larva invertebrata planktonik disajikan pada Gambar 4.14 - Gambar 4.16.





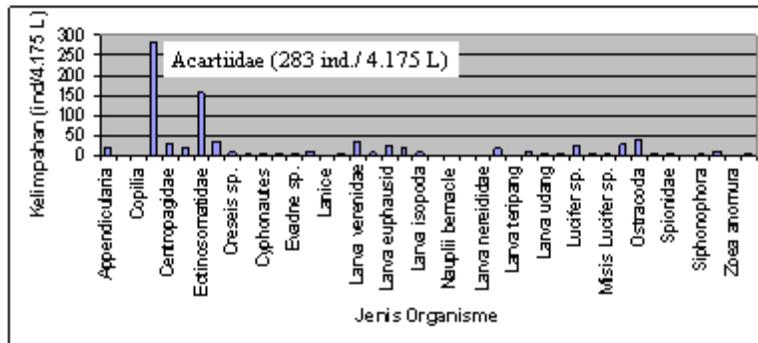
Gambar 4.16 Kelimpahan larva invertebrata planktonik - Malam

Larva invertebrata planktonik yang ditemukan merupakan sumber makanan utama bagi hewan karang. Isopoda, zoea decapoda, amphipoda, dan larva polychaeta merupakan jenis makanan utama bagi karang bercabang (Palardy *et al.*, 2006).

Keanekaragaman plankton yang tinggi mendukung tingkat tropik di atasnya, yaitu hewan karang dan ikan - ikan demersal. Kelimpahan dan distribusi zooplankton demersal dikontrol oleh *planktivores*, khususnya ikan (Cahoon, 1992). Calanoid copepod dan larva gastropod merupakan makanan bagi banyak spesies dominan (lebih besar dari 80% individu) pada profil terumbu karang yakni *Pronotogrammus martinicensis* dan *Hemanthias vivanus*. *Macroplanktivores* yang memakan plankton dalam ukuran yang lebih besar meliputi *Rhomboplites aurorubens*, *Pristigenys alta*, *Apogon pseudomaculatus*, dan *Chaetodon aya* (Anonim, 2005). Hal ini mengindikasikan adanya jaringan makanan yang kompleks sehingga memunculkan dugaan bahwa kelangsungan ekosistem terumbu buatan akan dapat bertahan dalam waktu lama.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

- Keanekaragaman jenis makrofauna dasar-terumbu karang di sekitar terumbu buatan perairan Pasir Putih Situbondo di dominasi oleh Non Acropora, dengan



Gambar 4.16 Kelimpahan larva invertebrata planktonik - Malam

Larva invertebrata planktonik yang ditemukan merupakan sumber makanan utama bagi hewan karang. Isopoda, zoea decapoda, amphipoda, dan larva polychaeta merupakan jenis makanan utama bagi karang bercabang (Palardy *et al.*, 2006).

Keanekaragaman plankton yang tinggi mendukung tingkat tropik di atasnya, yaitu hewan karang dan ikan - ikan demersal. Kelimpahan dan distribusi zooplankton demersal dikontrol oleh *planktivores*, khususnya ikan (Cahoon, 1992). Calanoid copepod dan larva gastropod merupakan makanan bagi banyak spesies dominan (lebih besar dari 80% individu) pada profil terumbu karang yakni *Pronotogrammus martinicensis* dan *Hemanthias vivanus*. *Macroplanktivores* yang memakan plankton dalam ukuran yang lebih besar meliputi *Rhomboplites aurorubens*, *Pristigenys alta*, *Apogon pseudomaculatus*, dan *Chaetodon aya* (Anonim, 2005). Hal ini mengindikasikan adanya jaringan makanan yang kompleks sehingga memunculkan dugaan bahwa kelangsungan ekosistem terumbu buatan akan dapat bertahan dalam waktu lama.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

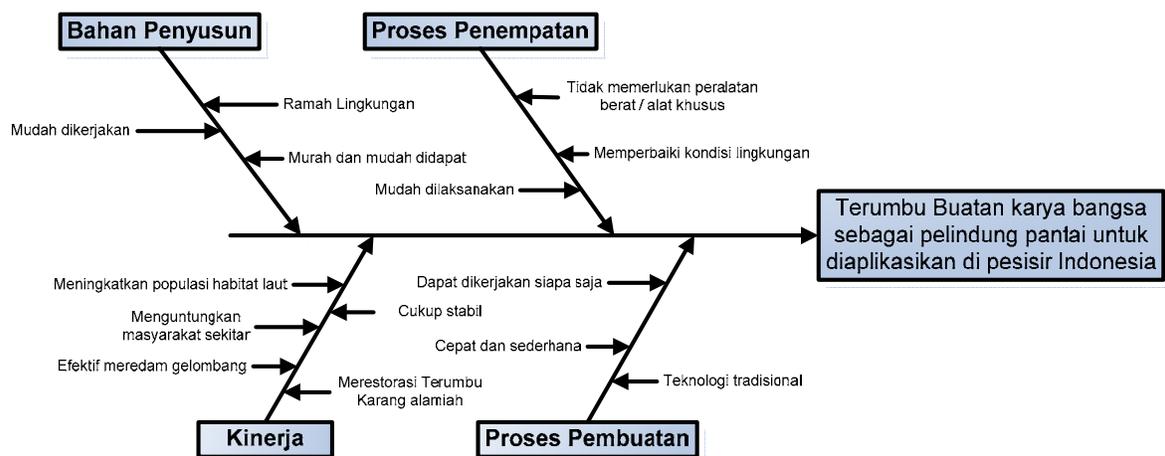
- Keanekaragaman jenis makrofauna dasar-terumbu karang di sekitar terumbu buatan perairan Pasir Putih Situbondo di dominasi oleh Non Acropora, dengan

tipe pertumbuhan karang : karang bercabang, massive, encrusting, tabulate dan foliose

- Keanekaragaman larva invertebrata planktonik teridentifikasi sebanyak 65 taksa yang diwakili oleh 36 famili, 31 ordo, 17 kelas, dan 12 filum.
- Organisme yang mendominasi adalah copepoda calanoida famili Acartiidae ada sampel pagi dan siang hari serta copepoda harpacticoida famili Ectinosomatidae pada sampel malam hari.

BAB VI RENCANA PENELITIAN DAN/ATAU IMPLEMENTASI SELANJUTNYA

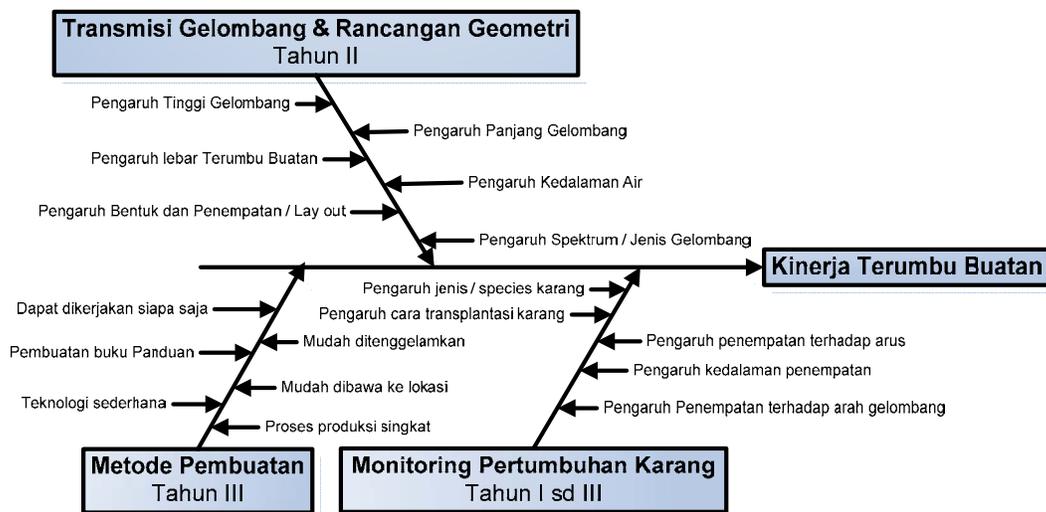
Sebagaimana terlihat pada diagram yang diberikan gambar dibawah, kajian mengenai kinerja terumbu buatan ini merupakan salah satu bagian dari skenario besar kegiatan penggunaan terumbu buatan sebagai pelindung pantai. Sehubungan dengan keterbatasan waktu dan dana penelitian, pada penelitian tahap ini kegiatan meliputi pengamatan kinerja terumbu buatan yang telah di pasang di Pasir Putih, Situbondo.



Beberapa studi menunjukkan bahwa kompleksitas bentuk serta kemampuan untuk menghasilkan turbulensi disekitar terumbu buatan merupakan faktor penting dalam menarik kehadiran ikan dan biota laut lain sehingga selain berfungsi sebagai pemecah gelombang, keberadaan terumbu buatan akan menjaga kelestarian lingkungan pesisir dan sekaligus juga penyedia ikan bagi

masyarakat nelayan disekitarnya. Sehingga rencana penelitian selanjutnya dan bentuk implementasi yang diusulkan adalah :

- meningkatkan kinerja ekologi dan fisik terumbu buatan yang telah dipasang di Pantai Pasir Putih, Situbondo dengan modifikasi bentuk dan penempatan.
- membuat prototype hasil rancangan dan menyusun panduan pembuatan dan penempatan terumbu buatan sebagai pelindung pantai yang bisa digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan di lapangan



Gambar 5.1. Diagram Rancangan Penelitian Kinerja Terumbu Buatan

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim1. 2008. Restoration and Remediation Guidelines. Tires (U.S.)
- Arinardi, O.H., dkk. 1997. **Kisaran Kelimpahan dan Komposisi Plankton Predominan di Perairan Kawasan Timur Indonesia**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia: Jakarta
- Armonies, W. 1989. Meiofaunal Emergence from Intertidal Sediment Measured in The Field: Significant Contribution to Nocturnal Planktonic Biomass in Shallow Waters. **Spingerlink Journal: Volume 43 No. 1/ Maret 1989**.
- Allemand. D., Debernardi. E. and Seaman Jr.. W.. (2000). "Artificial Reefs in the Principality of Monaco: Protection and Enhancement of Coastal Zones". Artificial Reefs in European Seas. A.C. Jensen. K.J. Collins and A.P.M. Lockwood (eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. The Netherlands. pp. 151-166.
- Ambrose. R.F.. and Swarbrick. S.L. (1989). "Comparison of Fish Assemblages on Artificial and Natural Reefs off The Coast of Southern California". **Bulletin of Marine Science. Vol. 44. No. 2. pp. 718-733**.

- Lampiran I Biodata Tim Peneliti

1. Dra. Dian Saptarini, M.Sc

1. Nama : Dra. Dian Saptarini, M.Sc
 2. NIP : 132 010 713
 3. Alamat : Jalan : Jl. Sidosermo IV gg IV/4
 Kota : Surabaya 60239
 Telp : 8434647
 4. Pangkat / golongan : Pembina / IV-a
 5. Jabatan Akademik : Lektor Kepala
 6. Pendidikan
- a. Jenjang S-1 / Diploma
- Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga, Surabaya
 Fakultas : MIPA
 Jurusan : Biologi
 Lulus : 1991
 Bidang : Ekologi Perairan
- b. Jenjang S-2
- Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor – SEAMEO BIOTROP
 Fakultas : PASCA SARJANA
 Jurusan : Information Technology for Natural Resources
 Management
 Lulus : 2000

7. Daftar Publikasi di dalam Jurnal (dalam 5 tahun terakhir)

1. Alia D, **Dian Saptarini** (2006), Pengaruh Penipisan Mangrove (*Avicennia* sp) terhadap Produktivitas Bandeng (*Channos channos*) di desa Kejawan Putih, kecamatan Sukolilo, Surabaya Timur, *Jurnal Purifikasi* 7(1)
2. Enny Zulaika, **Dian Saptarini** (2002), “Analisis Keanekaragaman dan Distribusi Terumbu Karang di perairan Tanjung Pecaron dalam Upaya Penyusunan Basis Data Sumber Daya Hayati”, *Jurnal Sains KAPPA*, I(1), 1 – 11.
3. **Dian Saptarini** (2002), “Coastline Change Detection Using Remote Sensing Technique”, *Jurnal of GIS, Remote Sensing and Dynamic Modelling* I (1), 1-9

8. Daftar Publikasi di dalam Seminar/Lokakarya (dalam 5 tahun terakhir)

1. **Dian Saptarini**, Dewi Hidayati, Farid Kamal Muzaki (2009), “Keanekaragaman Larva Invertebrate Benthik, Seminar Nasional Basic Science VI, Universitas Brawijaya, Malang, 21 Pebruari 2009.
2. **Dian Saptarini**, Dewi Hidayati, Farid Kamal Muzaki (2008), Seminar Nasional Teknologi Kelautan ITS, Surabaya, Desember 2008
3. **Dian Saptarini**, Enny Zulaika (2007), “ Biodiversity of Coral reefs in Sepanjang Waters, Kangean Archipelago – Sumenep, International Seminar ”Advances in Biological

Science: contribution towards a better human prosperity”, Faculty of Biology – Gadjah Mada University, Yogyakarta, September 7-8, 2007

4. **Dian Saptarini**, Tanti Utami Dewi (2005), "Keanekaragaman Meiofauna di Pantai Ria Kenjeran Surabaya", Seminar Nasional Biologi II, Universitas Airlangga, Surabaya, 23 Juli 2005
5. **Dian Saptarini**, Enny Zulaika, Silvanindya (2004), "Studi Kandungan Logam Berat Pb dalam Rumput Laut *Eucheuma cottoni* hasil Budidaya di Perairan Situbondo" Prosiding Seminar Nasional Biologi ITS Tahun 2004, Surabaya, 25 September 2004.

9. Daftar Seminar/Lokakarya yang dihadiri sebagai peserta (dalam 5 tahun terakhir)

1. Seminar Tiga tahun Lumpur Sidoarjo "Proses Belajar Bagi Masyarakat, Pemimpin, dan Bangsa Indonesia", ITS dan Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Surabaya, 15 Juli 2009
2. LIPI-JSPS Training Course on Methods of Zooplankton Ecology and Identification and Workshop on Zooplankton Biodiversity in SouthEast Asia International Training on Coastal Marine Science, Cibinong, 25-31 Oktober 2007
3. Konferensi „fgW – First National Laboratories Conference“, Jakarta, 14-15 Pebruari 2007
4. Seminar Nasional „ Identifikasi dan Pengembangan Riset Bidang Marine Optics untuk Terapan Sektor Kelautan dan Perikanan di Indonesia“, Surabaya 15 Agustus 2006
5. Seminar "Ikan dan Manusia (des Poissons et des Hommes), Surabaya, 6 Juni 2006
6. International Seminar „Marine Engineering and its Development in the Future“, Surabaya, 5th April 2005
7. Lokakarya Nasional, Tantangan Kelautan Indonesia 2020: Penetapan Sasaran dan Agenda, Jakarta, 26 Juli 2004
8. Lokakarya Pengelolaan Teluk dan Reklamasi di Wilayah Pesisir dan Kongres Ahli Pesisir Indonesia, Jakarta, 14-15 Juni 2004
9. International Seminar „The Early Warning Systems of Disasters“, Surabaya, 24th March 2004

10. Daftar Penelitian (dalam 5 tahun terakhir)

1. Evaluasi Terumbu Buatan dalam Peningkatan Kualitas Lingkungan pantai Pasir Putih, Situbondo (2009) (**Dian Saptarini**, Haryo Dwito Atmono)
2. Studi Efektifitas Terumbu Karang Buatan bentuk Kubah sebagai Media Tranplantasi Karang dan Peredam Gelombang (2008) (**Dian Saptarini**, Haryo Dwito Atmono)
3. Penanganan Bakteri Air Balas dengan Metoda Kombinasi Suhu dan Sinar UV (2008) (N.D. Kuswytasari, **Dian Saptarini**, Aunurohim)
4. Perbandingan Kecepatan Tumbuh antara Fragmen Karang *Acropora formosa* dan *Acropora nobilis* dengan jumlah Percabangan yang Berbeda dalam Upaya Rehabilitasi Ekosistem Terumbu Karang (2007) (**Dian Saptarini**, Enny Zulaika, Farid Kamal Muzaki)
5. Bioremoval Limbah Zat Warna Tekstil Buatan Bergugus Quinone Memanfaatkan Kayu Apu dan Eceng Gondok dengan Aliran Kontinyu (2007) (Alia Damayanti, **Dian Saptarini**)

6. Peranan Mangrove (*Avicennia* sp) dalam Menunjang Pertumbuhan Bandeng (*Channos channos*) di Kecamatan Kejawan Putih, Sukolilo, Surabaya Timur (2005) (Alia Damayanti, **Dian Saptarini**, Nana Suryatna)
7. Keanekaragaman Makrofauna Bentik di Pesisir Pasir Putih, Situbondo (2005) (**Dian Saptarini**, Enny Zulaika, Yanuar, Rohmah Agustin Setyowuni)
8. Studi Kandungan Logam Berat Pb dalam Rumput Laut *Eucheuma cottoni* Hasil Budidaya di Perairan Situbondo (2004) (Dian Saptarini)

11. Pengalaman Pekerjaan di Bidang Lingkungan Tahun 2006 – 2009

- UKL UPL Reklamasi Lahan PT. Petrokimia Gresik (2009) - LPPM ITS, tenaga ahli Biologi
- Studi Penilaian Ulang (Assesment) Kemanfaatan Lahan Eksplorasi Semen Gresik (2009) – LPPM ITS, tenaga ahli Biologi
- UKL UPL Perubahan Jalur ROW TTU Tuban (2009) – LPPM ITS, tenaga ahli Biologi
- AMDAL Kawasan Industri Lamongan (2008) – LPPM ITS, tenaga ahli Biologi
- AMDAL Rencana Kegiatan Pembangunan Pabrik Semen Kapasitas 2.5 juta ton/tahun PT. Semen Gresik Tbk (2008) – LPPM ITS, tenaga ahli Biologi
- Penyusunan rencana tata ruang kawasan strategi perikanan kabupaten Banyuwangi (2008) – anggota tim
- UKL UPL Pemasangan pipa gas jumper PT. Petrokimia Gresik (2008) – LPPM ITS, tenaga ahli Biologi - ITS
- Evaluation of Mud flood Disaster Alternatives in Sidoarjo regency, East Java , UNEP – ITS – anggota tim
- UKL UPL ROW TTU Tuban (2007) – LPPM ITS, tenaga ahli Biologi
- Rencana Tata Ruang Kawasan Pesisir dan Laut Kabupaten Probolinggo (2007) – LPPM ITS, tenaga ahli Biologi
- IEE Bangkalan (2007) – LPPM ITS, tenaga ahli Biologi
- Studi Permodelan Penyebaran Lumpur melalui Sungai Porong dan Dampaknya di Sungai, Muara dan Selat Madura sehubungan dengan Rencana Pembuangan Lumpur Porong ke Sungai Porong (2007) – PT LAPINDO – LPPM ITS, tenaga ahli Biologi
- Transplantasi/Pencangkakan Terumbu Karang di Kab. Sumenep (2007)
- Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Pengembangan Pelabuhan Tanjung Wangi, Banyuwangi (2007) – LPPM ITS, tenaga ahli Biologi
- Inisiasi Percepatan Perda Kawasan Konservasi Laut Daerah di Kabupaten Sumenep (2006) - tenaga ahli Biologi
- Neraca Kualitas Lingkungan Hidup Daerah (NKLHD) Kota Mojokerto 2005, LPPM ITS, tenaga ahli Biologi

2. Haryo Dwito Armono, ST, MEng, PhD

Data Pribadi	<ul style="list-style-type: none">▪ Tempat lahir : Belitung▪ No KTP : 12.14.11.100868.0003▪ Tanggal lahir : 10 August 1968▪ Agama : Islam▪ Alamat rumah : Jl. Raya Sekardangan Indah No 7, Sekardangan, Sidoarjo 61215▪ Telepon rumah : 031-8959224▪ Telepon mobile : 081330459203▪ Email : armono@oe.its.ac.id▪ Fax : 031-8951572▪ Website : www.its.ac.id/personal/armono
Instansi	<ul style="list-style-type: none">▪ Nama : Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS▪ Alamat : Kampus ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya▪ Telepon : 031-5928015, 5947274, 5994251-5 psw 1104▪ Fax : 031-5928105
Keahlian	<ul style="list-style-type: none">▪ Management dan Rekayasa Pantai / Pesisir (Coastal Engineering & Management)▪ Bangunan-bangunan Pantai dan Proses Hidrodinamika Pantai (Coastal Hydrodynamics, Processes & Structures)▪ Terumbu Karang buatan (Artificial Reefs)▪ Rekayasa Pantai berwawasan lingkungan (Coastal Bioengineering)
Riwayat Pendidikan	<ul style="list-style-type: none">▪ 2000 – 2003 : PhD 31 Oktober 2003 Dept. Of Civil Engineering, Queens University, Kingston, Canada▪ 1997 – 1999 : MEng 22 Oktober 1999 Faculty of Applied Science, Memorial University, St. John's, Canada▪ 1987 – 1993 : ST 20 Nopember 1993 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
Riwayat Pekerjaan	<p>1990 – 1993 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Jogjakarta Asisten Dosen</p> <p>1992 - 1993 CV Kareina, Yogyakarta Surveyor</p> <p>1992 – 1993 Laboratorium Teknik Pantai – BPPT, Yogyakarta, Indonesia Asisten Peneliti</p> <p>1994 PT Puri Fadjar Mandiri, Mampang Prapatan, Jakarta Hydraulic Engineer</p> <p>1994 PT Pakuwon Jati, Surabaya, Site Supervisor</p> <p>1994 - ... PT Fitrah Eka Mulia, Sidoarjo, Indonesia Konsultan Teknik</p> <p>1995 - ... Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS Dosen Tetap 2001 - 2003</p>

Hall Coastal Canada Limited (HCCL), Kingston, Canada
Asisten Peneliti

2000 - 2003
Dept. Teknik Sipil, Queens University, Kingston, Canada
Asisten Dosen

2004 - ...
Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya
Kepala Laboratorium Rekayasa Dasar Laut dan Bawah Air

**Riwayat
Proyek**

- 1992 Model Fisik Pilar Jembatan Suramadu dengan Lab Pengkajian Teknik Pantai -BPPT Jogjakarta
- 1992 Kalibrasi alat ukur debit saluran Irigasi Colo - Sragen dan Brebes, dengan CV Kareina
- 1993
- 1993 Model Numerik Perubahan Garis Pantai Nusa Dua Bali dengan Dr. Radianta Triatmadja
- 1994
- 2002 Feasibility Sudy peningkatan kelas RSUD Dr. Johannes, Kupang dengan PT Fitrah Eka Mulia
- 2002 Model Fisik Rehabilitasi Lakeshore State Park, Milwauke, US dengan HCCL Canada
- 2002 Model Fisik Clinch Marina, Traverse City, Michigan, US dengan HCCL Canada
- 2003 Model Numerik Tay River Water Taking Hydraulic Impact Assessment, Ontario dengan HCCL Canada
- 2003 Model Fisik Pelabuhan Goderich, Ontario, Canada dengan HCCL Canada
- 2004 Tenaga Ahli Feasibility Studi Surabaya Fish Market Higienis, Pemerintah Kotamadya Surabaya
- 2004 Penanggung Jawab Survey Mekanika Tanah Surabaya Fish Market
- 2004 Penanggung Jawab Survey Mekanika Tanah PPI Panceng Gresik
- 2004 Penanggung Jawab Survey Profil Pantai Utara Jawa Timur, PT WAINDO Specterra
- 2005 Tenaga Ahli Study Pengelolaan Pesisir dengan Coastal Cell, di Propinsi Jawa Timur, PT Waindo Specterra
- 2005 Ketua Studi Sedimentasi pada Approach Bridge, Jembatan Suramadu, Konsorsium Kontraktor Indonesia
- 2006 Tenaga Ahli Studi Relokasi Bangunan Penangkap Lumpur untuk Mengurangi Sedimentasi di Kolam Pelabuhan Tegal, Gresik dan Kalimas, Perum PELINDO III
- 2006 Tenaga Ahli Study Pengelolaan Pesisir dengan Coastal Cell, di sepanjang Pantai Utara Jawa, PT Waindo Specterra
- 2006 Tenaga Ahli Studi Reduksi Gelombang pada Lamongan Shorebase Jetty,
- 2006 Tenaga Ahli "Disaster Awareness for Primary School" – GTZ Germany – Diknas
- 2006 Tenaga Ahli Study Sedimentasi dan Pengaruh Sebaran Lumpur Sidoarjo di Sungai Porong dan Selat Madura
- 2007 Studi Sedimentasi Terminal Petikemas Surabaya – Tahap I
- 2007 Studi Pemilihan Lokasi Terminal BBM – Jawa Timur

**Publikasi
Ilmiah**

- Sudianto, E R., **Armono, HD**, Handyanu, (2006), "Sedimentation Study in the Mouth of Jangkok River, Mataram", Coastal Zone Asia Pacific III, Batam
- Hidayat, R, **Armono, HD**, Mukhtasor (2006), "The Influence of Channel Layout in the Fish Pond Water Quality; Case Study: Village of Penjaringansari ,Mataram", Coastal Zone Asia Pacific III, Batam
- **Armono, HD** (2006), "The Study Of Parameter Influence On Wave Transmission Through Hemispherical Artificial Reefs", Coastal Zone Asia Pacific III, Batam
- **Armono, HD** (2006), "Terumbu Buatan sebagai Pelindung Pantai", Kongres Nasional Pesisir dan Pulau-pulau Kecil V, Batam

- **Armono, HD** (2006), "A Numerical Model Of Hydrodynamics In The Vicinity Of Hemispherical Artificial Reefs", Marine Technology Conference (MARTEC V), Makassar
- **Armono, HD** (2005), "Natural Early Warning System for Tsunami", Seminar of Disaster Early Warning System, Surabaya.
- **Armono, HD**, dan Sujantoko, (2005), "Investigasi Gelombang Tsunami untuk Penanggulangan Bencana di Jawa Timur", DIPA - ITS
- **Armono, HD** and Hall, KR, (2004), "Hemispherical Shape Artificial Reefs Breakwater", Proceeding of 29th International Conference on Coastal Engineering, Lisbon, Portugal.
- **Armono, HD** (2004), "Wave Transmission over Hemispherical Shape Artificial Reefs" Proceeding MARTECH 2004, Johor, Malaysia.
- **Armono, HD** (2004), "Scaling the weight of Hemispherical Shape Artificial Reefs", Proceeding Seminar Nasional Pasca Sarjana IV, ITS Surabaya
- **Armono, HD** and Hall, KR, (2003), "Laboratory Study on Wave Transmission through Hemispherical Hollow Artificial Reefs", Proceeding of Canadian Coastal Engineering Conference, Kingston, Canada.
- **Armono, HD** and Hall, KR, (2003), "Wave Transmission on Submerged Breakwater Made of Hemispherical Hollow Artificial Reefs" Proceeding of 31st Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering, Moncton, New Brunswick, Canada.
- **Armono, HD**, Hall, KR and Swamidas, ASJ, (2001), "Wave Field around Hemispherical Shape Artificial Reefs used for Fish Habitat", Proceeding of Canadian Coastal Engineering Conference, Quebec City, Quebec, Canada.
- Ontowiryo, B and **Armono, HD**, (2000), "Methodology of Artificial Reef for Coastal Protection by a Submerged Structures: A Numerical Modelling Approach", Proceeding of 1st International Conference on "Soft Shore Protection" against Coastal Erosion, Patras, Greece.
- **Armono, HD** and Swamidas, ASJ, (2000), "Flow Field around Hemispherical Shape Artificial reefs used for Fish Habitat", Journal of Oceanic Engineering International, Vol. 4 (2), pp 85-108
- **Armono, HD**, Swamidas, ASJ and Hooper, R (1999), "Flow Field around Single and Multi Hemispherical Ball Artificial Reefs used for Fish Habitat", Proceeding of 18th International Conference on Offshore Mechanic and Arctic Engineering, St. John's, Newfoundland, Canada
- **Armono, HD**, Swamidas, ASJ and Sharp, JJ, (1998), "Partial Analysis on Scaling the Weights of Reef Balls in Hemispherical Artificial Reefs", Proceeding of Indonesian Student Scientific Meeting, Paderborn, Germany.
- **Armono, HD**, Suntoyo, Rudi Waluyo, Prastianto, (1997), "Metode Karakteristik untuk Pemodelan Gelombang dan Arus di Selat Madura", Penelitian DPP/SPP – FTK ITS
- **Armono, HD**, Suntoyo (1997), "Penanggulangan Erosi pantai Kuta akibat adanya gangguan longshore sediment transport", Penelitian DPP/SPP – FTK ITS
- Mukhtasor, **Armono, HD**, (1995), "Model Penyebaran Limbah Cair dari Ocean Outfall" Penelitian DPP/SPP – FTK ITS
- Pratikto, WAP, **Armono, HD**, Suntoyo, dan Rudi Waluyo Prastianto (1997), "Studi Penyusunan Standard Pekerjaan Reklamasi Pantai", Proyek Relevansi, Diknas,
- Pratikto, WAP, **Armono, HD** and Suntoyo, (1993), "Perencanaan Fasilitas Pantai dan Lautan", BPFE Press, Jogjakarta.

**Kursus/
Lokakarya**

- Hydrodynamics and Laboratory Data Analysis Short Course (Prof. L. Lye and Prof. M. Haddara)
- Kursus Pembuatan Buku Ajar 2004
- Panitia Lokakarya Pedoman Umum Reklamasi 2004
- Fasilitator Lokakarya Konsultasi Stakeholder Renstra Pembangunan Wilayah Pesisir Pantura Jawa Timur, 19 Agustus 2004
- Narasumber Lokakarya Konsultasi Stakeholder Renstra Pembangunan Wilayah Pesisir Kab. Ketapang , Kalbar, 30 Agustus – 1 September 2004.

- Narasumber SubDit Mitigasi Bencana Pesisir – Dep. Kelautan dan Perikanan, dalam Studi Revitalisasi Pantai Losari, Makassar, 2005
- Narasumber Pusat Riset Kelautan – Dep. Kelautan dan Perikanan dalam Pemanfaatan Teknologi Kelautan untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam Teluk Kupang, Agustus – Desember 2006
- Narasumber Lokakarya – Disaster Awareness for Primary School (DAPS) Tahap II – GTZ Germany & Depdiknas – Pebruari 2007
- Peserta Lokakarya Coastal Community Resilience Workshop – USAID – Pebruari 2007
- Dewan Juri Mahasiwa Berprestasi Tingkat Jurusan dan Fakultas, April 2004
- Dewan Juri Mahasiwa Berprestasi Tingkat Jurusan dan Fakultas, April 2006
- Sekretaris Program S2 'Sandwich' Marine and Coastal Resources Management, Mei 2004 – September 2006
- Anggota Tim Penyusun Pedoman Umum Reklamasi Pantai, Pebruari – Juni 2004, Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Anggota Tim Formatur Himpunan Ahli Pesisir Indonesia, Juni 2004
- Panitia Seminar Teknologi Kelautan, Oktober 2004
- Panitia Seminar Teknologi Kelautan, Oktober 2006

Kegiatan Lain

Keanggotaan Profesi

- Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia - HATHI
- Himpunan Ahli Pesisir Indonesia

Lampiran II Daftar Luaran

- teknologi tepat guna pembuatan terumbu buatan bagi masyarakat pesisir. Hasil penelitian ini dapat langsung diaplikasikan untuk Program Rehabilitasi dan Pengelolaan Terumbu Karang yang tengah dilakukan oleh Departemen Kelautan dan Perikanan RI. Penelitian ini juga akan memberikan gambaran kinerja terumbu buatan yang sudah ada.
- draft publikasi ilmiah yang akan disampaikan pada seminar Nasional SENTA 2009