



IDENTIFIKASI DAN KLASIFIKASI LIFEFORM KARANG MENGGUNAKAN METODE HIDROAKUSTIK

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

JEFRY BEMBA



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2011**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis Identifikasi dan Klasifikasi *Lifeform* Karang Menggunakan Metode Hidroakustik adalah karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun yang tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Bogor, Agustus 2011

Jefry Bemba
NIM C552090021

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

ABSTRACT

JEFRY BEMBA. Identification and Classification of Coral Lifeform Using Hydroacoustic Method. Under direction of INDRA JAYA and SRI PUJYATI.

Information on bottom types includes coral reef, sediment characteristics and underwater vegetation in shallow water is very important for many application, however, this information are not easy to obtain. In this study, acoustic techniques were used to identify and classify coral lifeform and others bottom types. Data collection was carried out in Seribu Islands, Jakarta using SIMRAD EY 60 scientific echosounder systems with operating at frequency 120 kHz. Volume backscattering strength values obtained from the first and second acoustic bottom return. Clustering method were used to classify coral lifeform based on both value the first acoustic bottom return (E1) and the second acoustic bottom return (E2). Data validation of the coral lifeform was performed using visual observation, which was recorded using underwater camera. The results show that average value of volume backscattering strength (Sv) from E1 varied from -18,10 dB up to -10,09 dB, while from E2 varied between -49,42 dB up to -31,81 dB. The average value of surface backscattering strength (SS) range from -20,16 dB until -28,17 dB. The results of clustering analysis showed coral lifeform and others bottom types can be clustered into two groups: group A (CM and CMR) and group B (ACT and CS, ACB and CF, Rubble and sand) respectively.

Keywords: identification, classification, coral lifeform, hydroacoustic method



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

RINGKASAN

JEFRY BEMBA. Identifikasi dan Klasifikasi *Lifeform* Karang Menggunakan Metode Hidroakustik. Dibimbing oleh INDRA JAYA dan SRI PUJIYATI.

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem pesisir yang berperan penting dalam kelangsungan hidup biota perairan yaitu sebagai habitat bagi makhluk hidup yang kehidupannya berasosiasi dengan lingkungan perairan. Perairan Indonesia terkenal memiliki keanekaragaman jenis karang tertinggi di dunia, disamping Filipina dan Australia. Mengingat wilayah perairan Indonesia yang sangat luas dan pentingnya habitat terumbu karang sebagai suatu ekosistem, sehingga kajian terhadap keberadaan terumbu karang di Indonesia masih terus dilakukan.

Identifikasi karang hingga ke tingkat spesies masih sangat sulit dilakukan karena melibatkan analisa ciri taksonomi yang rumit dan seringkali tidak kasat mata, bahkan pada beberapa kasus harus menggunakan teknik analisa DNA. Beberapa pendekatan yang dapat digunakan untuk identifikasi karang yaitu mulai dari pengenalan bentuk pertumbuhan karang (*coral lifeform*) dan tipe-tipe korallit, tingkat marga (genus), dan ke tingkat spesies yang umumnya dilakukan dengan menggunakan teknik penyelaman. Ketersediaan petugas lapangan yang terampil dan berpengetahuan dalam mengidentifikasi karang, menyebabkan teknik *SCUBA diving* masih tetap merupakan metode yang paling efektif dan dapat diandalkan dalam pengumpulan data. Namun, metode ini menjadi tidak efisien ketika daerah sampling mencakup skala spasial yang luas sehingga perlu dicari suatu metode yang efisien.

Penerapan teknologi akustik dasar laut yang mampu memberikan solusi dalam pendugaan karakteristik dasar perairan terus dikembangkan dalam mengklasifikasi substrat dasar perairan termasuk terumbu karang. Kemajuan teknik pemetaan dasar perairan menggunakan sistem akustik menawarkan potensi untuk pekerjaan pemetaan dan monitoring ekosistem dasar laut. Beberapa penelitian dengan menggunakan metode akustik dalam memetakan terumbu karang telah dilakukan di perairan Bahamas dan Carysfort Reef Florida, USA menggunakan alat *Quester Tangens Corporation Series V* (QTCV) 50 kHz *single-beam* (Gleason *et al.* 2008), dan di perairan West Scotland menggunakan *multibeam echosounder* (Roberts *et al.* 2005).

Di Indonesia sendiri perkembangan penelitian di bidang akustik sudah mencakup habitat ikan maupun klasifikasi substrat dasar perairan (Manik *et al.* 2006; Pujiyati, 2008; Deswati, 2009). Penerapan metode akustik untuk klasifikasi bentuk pertumbuhan karang di Indonesia sudah dilakukan diantaranya oleh Manuhutu (2010) dengan menggunakan *split-beam echosounder* SIMRAD EY60. Meskipun demikian, data dan informasi yang tersedia belum memadai sehingga masih perlu dilakukan penelitian lanjutan.

Berdasarkan dasar pemikiran tersebut serta potensi teknologi akustik dan teknik pemrosesan sinyal, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi nilai *volume backscattering strength* (SV) dan *surface backscattering strength* (SS) dari beberapa *lifeform* karang menggunakan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

instrumen hidroakustik *split beam echosounder* dan mengklasifikasikannya berdasarkan nilai SV dari pantulan pertama (E1) dan pantulan kedua (E2).

Penelitian ini dilakukan dari bulan Desember 2010 – Juli 2011 yang meliputi tahap persiapan, pengukuran data lapangan, pengolahan dan analisis data hingga penyusunan tesis. Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 30 Januari – 3 Februari 2011 yang berlokasi di sekitar perairan Pulau Panggang, Karang Lebar, dan Pulau Semak Daun – Kepulauan Seribu, Jakarta Utara dengan menitikberatkan pada *lifeform* karang yang memiliki luasan tutupan permukaan 1 – 2 m dan keberadaanya tidak bercampur dengan jenis lainnya.

Akuisisi data akustik dilakukan secara *stasioner* dengan waktu perekaman data selama 15 menit untuk setiap jenis *lifeform* karang dengan menggunakan *scientific echosounder* SIMRAD EY 60 yang dioperasikan pada frekuensi 120 kHz, *transmitted power* 50 watt, kecepatan suara sebesar 1546,35 m/dtk, dan *transmitted pulse length* 0,128 mdtk. Selain itu, digunakan laptop untuk merekam data secara real time, dan GPS (*Global Positioning System*) untuk menentukan posisi geografis dari titik-titik pengambilan data. Data yang diperoleh selanjutnya diolah dengan perangkat lunak *Echoview* untuk mengekstrak nilai *volume backscattering strength* (SV) dengan ketebalan integrasi pada permukaan *lifeform* karang yaitu 10 cm dan satuan dasar pencuplikan sampel sebesar 20 ping. Selain itu digunakan perangkat lunak *Matlab* untuk menggambarkan pola perambatan sinyal akustik.

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data, diperoleh nilai *volume backscattering strength* (SV) pada pantulan pertama (E1) dan pantulan kedua (E2) dari *Coral massive* (CM) sebesar -12,38 dB dan -31,81 dB, *Acropora tabulate* (ACT) -15,82 dB dan -49,42 dB, *Acropora branching* -18,10 dB dan -43,91 dB, *Coral submassive* (CS) -14,94 dB dan -48,75 dB, *Coral mushroom* -10,09 dB dan -34,03 dB, *Coral foliose* -18,06 dB dan -46,48 dB, serta dua tipe substrat lainnya yaitu pecahan karang (*rubble*) memiliki nilai -12,03 dB dan -43,14 dB dan pasir dengan nilai -10,25 dB dan -46,46 dB. Nilai E1 tertinggi diberikan oleh CMR dan terendah pada ACB, sedangkan nilai E2 tertinggi diberikan oleh CM dan terendah pada ACT. Nilai SS untuk *Coral massive* (CM) sebesar -22,44 dB, *Acropora tabulate* (ACT) -25,88 dB, *Acropora branching* -28,17 dB, *Coral submassive* (CS) -25,01 dB, *Coral mushroom* -20,16 dB, *Coral foliose* -28,13 dB dan dua tipe substrat lainnya yaitu pecahan karang (*rubble*) dan pasir masing-masing dengan nilai sebesar -22,10 dB dan -20,32 dB

Hasil pengelompokan yang dilakukan berdasarkan nilai E1 dan E2 pada jarak kemiripan 44,98% menunjukkan bahwa dari 6 *lifeform* karang dan dua tipe substrat dasar lain dapat dikelompokkan ke dalam 2 kelompok utama yaitu kelompok A (CM dan CMR) dan kelompok B yang terdiri atas 3 sub kelompok yaitu ACT dan CS, ACB dan CF, serta *rubble* dan pasir.

Kata kunci: identifikasi, klasifikasi, *lifeform* karang, metode hidroakustik



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

@ Hak Cipta milik IPB, tahun 2011 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



IDENTIFIKASI DAN KLASIFIKASI LIFEFORM KARANG MENGGUNAKAN METODE HIDROAKUSTIK

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

JEFRY BEMBA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Teknologi Kelautan

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2011**



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Penguji luar komisi: Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Ketua Program Studi
Teknologi Kelautan

Dr. Ir. Djisman Manurung, M.Sc

Tanggal Ujian: 29 Juli 2011

Dekan Sekolah Pascasarjana IPB

Dr. Ir. Darul Syah, M.Sc.Agr

Tanggal Lulus:

Judul Tesis : Identifikasi dan Klasifikasi *Lifeform* Karang Menggunakan Metode Hidroakustik
Nama : Jefry Bemba
NIM : C552090021

Disetujui

Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Sri Pujiyati, M.Si
Anggota

Diketahui

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2010 ini adalah bentuk pertumbuhan karang (*coral lifeform*), dengan judul Identifikasi dan Klasifikasi *Lifeform* Karang Menggunakan Metode Hidroakustik.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Indra Jaya, M.Sc dan Dr. Ir. Sri Pujiyati, M.Si selaku komisi pembimbing atas bimbingan dan arahan yang diberikan selama proses pengolahan data hingga penyusunan tesis ini, Bapak Dr. Ir. Djisman Manurung, M.Sc selaku ketua Program Studi yang telah banyak memberi kritik dan saran serta motivasi. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku penguji luar komisi atas kritik dan saran yang diberikan demi kesempurnaan tesis ini.

Ungkapan terima kasih penulis sampaikan kepada Ayah (alm) dan Ibu, isteriku Husnul Chatima, S.Pi dan anakku tercinta M. Fadhil Dzulkifli Bemba, serta seluruh keluarga atas segala doa, kasih sayang dan kesabarannya. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada teman-teman seangkatan TEK 2009 serta tim survei lapangan atas kebersamaannya. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Agustus 2011

Jefry Bemba



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Airmadidi pada tanggal 5 Januari 1975 dari ayah Purn TNI. Serma Hamruddin S. Bemba (Alm) dan ibu Mardiah Martha Roring. Penulis merupakan putra ketiga dari tiga bersaudara. Pada tahun 1993, penulis menamatkan sekolah menengah atas di SMA Negeri 7 Manado dan pada tahun yang sama penulis menempuh pendidikan sarjana di Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi Manado dan lulus pada tahun 1999. Pada tahun 2006, penulis diterima sebagai staf pengajar pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Khairun (UNKHAIR) Ternate.

Pada tahun 2007 penulis memperoleh kesempatan mengikuti Program Magang Dosen Muda di Institut Pertanian Bogor yang merupakan kerjasama Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI), IPB dan UNKHAIR. Pada tahun 2009 penulis mendapat kesempatan menempuh pendidikan magister di Program Studi Teknologi Kelautan pada Program Pascasarjana IPB dengan sponsor Beasiswa Pendidikan Pascasarjana - Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (BPPS DIKTI).



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Terumbu Karang	6
2.1.1 Bentuk Pertumbuhan Karang	6
2.1.2 Teknik Identifikasi Karang	8
2.2 Metode Akustik	9
2.2.1 <i>Backscattering</i> Dasar Perairan	11
2.2.2 Pendekatan Metode Hidroakustik Terhadap Dasar Perairan	13
2.2.3 <i>Echosounder Split Beam</i>	18
METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	20
3.2 Peralatan	21
3.3 Metode Pengumpulan Data Akustik.....	22
3.3.1 Observasi Visual	22
3.3.2 Pengambilan Data Akustik	22
3.4 Pemrosesan Data Akustik	24
3.5 Analisis Data	25
3.5.1 Komputasi <i>Acoustic Bottom Backscattering Strength</i> (<i>SV</i> dan <i>SS</i>)	25
3.5.2 Analisis <i>Clustering</i>	26
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Identifikasi <i>Lifeform</i> Karang Secara Visual	27
4.2 Data Akustik dan Penentuan Kedalaman <i>Lifeform</i> Karang	28
4.3 Normalisasi Energi dan Bentuk <i>Echo Lifeform</i> Karang	32
4.4 Komputasi <i>Acoustic Backscattering Strength</i> (<i>SV</i> dan <i>SS</i>) <i>Lifeform</i> Karang.....	39
4.5 Analisis Pengelompokan (<i>Clustering Analysis</i>)	42
5. SIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Simpulan	45
5.2 Saran	45



DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	50

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR TABEL

	Halaman
1 Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.....	21
2 Spesifikasi teknis transduser seri ES 120-7C	21
3 Hasil pengukuran dimensi bentuk pertumbuhan karang yang diamati	27
Nilai Intensitas rata-rata SV dan SS dari beberapa <i>lifeform</i> karang yang diolah berdasarkan <i>listing</i> program Rick Towler	31
Posisi dan kedalaman dari bentuk pertumbuhan karang yang diamati	32
Kuantifikasi bentuk <i>echo envelope</i> dari beberapa <i>lifeform</i> karang dan tipe substrat pasir dan pecahan karang (<i>rubble</i>)	38
Nilai <i>volume backscattering strength (SV)</i> <i>lifeform</i> karang dan tipe dasar perairan selain karang	39
Nilai <i>surface backscattering strength (SS)</i> <i>lifeform</i> karang dan tipe dasar perairan selain karang	41



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1 Kerangka pemikiran penelitian	5
2 Struktur skeleton karang; a) <i>Acropora</i> dan b) non- <i>Acropora</i>	7
3 Prinsip hidroakustik	10
4 Echo dasar perairan	12
Sketsa <i>backscattering</i> akustik dasar perairan yang disebabkan kekasaran dari permukaan dan heterogenitas sedimen	13
Pantulan pertama dan kedua dari dasar perairan yang digunakan pada system RoxAnn	14
<i>Output</i> yang dihasilkan oleh <i>echosounder</i> dalam sistem <i>RoxAnn</i>	15
Bentuk kurva dasar perairan dari dasar perairan yang keras dan lunak (a) Amplitudo sinyal <i>echo</i> dan (b) Kurva energi kumulatif	16
<i>Echo</i> yang menunjukkan jejak dari pulsa yang dikirim dan dipantulkan dari dasar laut	17
10 Prinsip kerja dari <i>Echosounder split beam</i>	19
11 Peta lokasi penelitian	20
12 Proses pengambilan data akustik	23
13 Dokumentasi proses pengambilan data akustik	23
14 Diagram alir pemrosesan data akustik	25
15 Bentuk pertumbuhan karang yang diamati	28
16 Tampilan echogram <i>lifeform</i> karang	29
17 Pola SS dan Sv bentuk pertumbuhan karang	30
18 <i>Echo envelope</i> dari <i>lifeform</i> karang <i>Coral Massive</i>	33
19 <i>Echo envelope</i> dari <i>lifeform</i> karang <i>Acropora Tabulate</i>	34
20 <i>Echo envelope</i> dari <i>lifeform</i> karang <i>Acropora Branching</i>	34



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

21	<i>Echo envelope</i> dari <i>lifeform</i> karang <i>Coral Submassive</i>	35
22	<i>Echo envelope</i> dari <i>lifeform</i> karang <i>Coral Mushroom</i>	35
23	<i>Echo envelope</i> dari <i>lifeform</i> karang <i>Coral Foliose</i>	36
24	<i>Echo envelope</i> dari substrat pecahan karang (<i>rubble</i>)	36
25	<i>Echo envelope</i> dari substrat pasir	37
26	Grafik sebaran nilai <i>volume backscattering strength (SV)</i>	40
27	Hasil pengelompokan <i>lifeform</i> karang berdasarkan kemiripan nilai E1 dan E2	43
28	Perpotongan nilai E1 dan E2 dari beberapa <i>lifeform</i> karang dan Substrat pecahan karang dan pasir	44



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1 Dokumentasi survei, peralatan instrumentasi akustik yang digunakan dalam penelitian	51
2 Listing Program yang digunakan pada Matlab	53
3 Echoview dan Dongle	59
Bentuk-bentuk pertumbuhan karang (<i>coral lifeform</i>)	61
<i>Echogram</i> dari tiap jenis <i>lifeform</i> karang	67
Hasil analisis <i>cluster</i> data akustik	69



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1.1 Latar belakang

Perairan Indonesia terkenal memiliki keanekaragaman jenis karang tertinggi di dunia, disamping Filipina dan Australia. Berdasarkan hasil survei pada suatu kawasan di Raja Ampat Papua, ditemukan sekitar 480 spesies karang. Jumlah ini mencapai separuh dari jumlah spesies karang di dunia yang hingga saat ini sekitar 800 spesies (Johan, 2003). Meskipun demikian, mengingat wilayah Perairan Indonesia yang sangat luas dan pentingnya ekosistem terumbu karang sehingga kajian terhadap keberadaan terumbu karang di Indonesia masih terus dilakukan.

Identifikasi karang hingga ke tingkat spesies masih sangat sulit dilakukan karena melibatkan analisa ciri taksonomi yang rumit dan seringkali tidak kasat mata, bahkan pada beberapa kasus harus menggunakan teknik analisa DNA. Beberapa pendekatan yang digunakan untuk identifikasi karang dapat dilakukan mulai dari pengenalan bentuk pertumbuhan karang (*coral lifeform*) dan tipe-tipe korallit, tingkat marga (genus), dan ke tingkat spesies yang umumnya dilakukan dengan menggunakan teknik penyelaman.

Seiring dengan kemajuan teknologi, penerapan teknologi akustik dasar laut dan penginderaan jauh yang mampu memberikan solusi dalam pendugaan karakteristik dasar perairan terus dikembangkan dalam mengklasifikasi substrat dasar perairan termasuk terumbu karang. Penelitian di bidang hidroakustik terus mengalami perkembangan yang cukup signifikan. Kajian komprehensif mengenai ilmu *Acoustic Seabed Classification* (ASC) telah dilakukan oleh sekelompok ilmuwan internasional di bawah naungan ICES. Kajian ini dipicu oleh kebutuhan yang terus meningkat untuk mengklasifikasi dan memetakan ekosistem laut di berbagai skala spasial dalam mendukung ilmu pengetahuan berbasis ekosistem untuk pengelolaan laut (Anderson *et al.* 2008).

Beberapa penelitian dengan menggunakan metode akustik dalam memetakan dasar perairan dan terumbu karang telah dilakukan diantaranya oleh Gleason *et al.* (2008) di perairan Bahamas dan Carysfort Reef Florida, USA dengan menggunakan alat *Quester Tangens Corporation Series V* (QTCV) 50 kHz *single-beam*, dan Roberts *et al.* (2005) di perairan West Scotland

1 PENDAHULUAN



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)
Bogor Agricultural University
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

menggunakan *multibeam echosounder*. Di Indonesia sendiri perkembangan penelitian di bidang ini sudah semakin luas tidak hanya mencakup sumberdaya ikan namun sudah merambah kepada abiotik yaitu habitat ikan maupun pemetaan dasar perairan. Beberapa penelitian mengenai klasifikasi dasar perairan di Indonesia dengan metode hidroakustik sudah dilakukan (Manik *et al.* 2006; Pujiyati, 2008; Deswati, 2009). Penerapan metode akustik untuk klasifikasi karang sudah dilakukan diantaranya oleh Manuhutu (2010) dengan menggunakan *split-beam echosounder* SIMRAD EY60 di perairan Pulau Pari.

1.2 Perumusan masalah

Penerapan teknologi akustik di Indonesia dalam penelitian dan pengembangan bidang kelautan hingga saat ini masih sangat terbatas. Minimnya sarana dan prasarana menjadi salah satu faktor penghambat perkembangan teknologi akustik di Indonesia. Padahal pada kurun waktu terakhir ini teknik akustik sudah banyak digunakan untuk memetakan dan mengklasifikasi dasar perairan dan kandungan sumber daya hewan bentik yang ada di daerah dasar perairan (Siwabessy, 1999).

Metode baru untuk mendapatkan informasi mengenai tipe dasar laut, sedimen dasar dan vegetasi bawah air dengan menggunakan *echosounder* dan pengolahan data secara digital sudah mulai berkembang. Metode akustik dengan menggunakan *single-beam echosounder*, *multibeam echosounder*, dan *side-scan sonar* merupakan teknologi yang dapat memberikan solusi untuk pemetaan habitat dasar laut (Michaels, 2007; Anderson *et al.* 2008).

Sebelum metode hidroakustik digunakan secara luas, survei kondisi terumbu karang dilakukan melalui pengukuran langsung dengan menggunakan metode *SCUBA diving*. Ketersediaan petugas lapangan yang terampil dan berpengetahuan, menyebabkan teknik *SCUBA diving* masih tetap merupakan metode yang paling efektif dan dapat diandalkan dalam pengumpulan data. Namun, metode ini menjadi tidak efisien dilakukan ketika daerah kajian/sampling mencakup skala spasial yang luas.

Kemajuan teknik pemetaan dasar perairan menggunakan sistem akustik menawarkan potensi untuk pekerjaan pemetaan dan monitoring ekosistem dasar laut (Brown *et al.* 2005). Beberapa tahun belakangan ini, aplikasi metode



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

pemetaan akustik, khususnya penggunaan “*Acoustic Ground Discrimination System*” (ADGS) dikombinasikan dengan data sampling lapangan (*Ground-truth*), telah menjadi kegiatan yang biasa dalam pemetaan dan monitoring habitat dasar laut di sejumlah daerah perlindungan laut di pesisir Inggris.

Secara umum dipahami bahwa parameter fisik dasar perairan yang memiliki variasi yang begitu besar akan mempengaruhi pantulan sinyal akustik. Parameter fisik dasar perairan seperti tingkat kekasaran (*roughness*) dan kekerasan (*hardness*), ukuran butiran sedimen, relief dasar perairan serta sejumlah variasi lainnya akan mempengaruhi proses hamburan sinyal akustik (Thorne *et al.* 1988). Terumbu karang yang memiliki tingkat *rugosity* yang terlalu besar, diharapkan akan memberikan pantulan sinyal akustik yang berbeda pula. Dengan demikian, dengan menggunakan pendekatan akustik diharapkan dapat dilakukan identifikasi berdasarkan nilai *acoustic backscattering strength*.

13 Kerangka pemikiran

Identifikasi nilai *backscattering strength* dari bentuk pertumbuhan karang dengan akurasi yang baik sangat dibutuhkan dalam proses pengenalan terumbu karang secara akustik. Hal ini berkaitan erat dimana setiap jenis *lifeform* karang memiliki karakteristik fisik tersendiri dalam menghamburkan sinyal akustik yang mengenainya. Hasil yang diperoleh dikombinasikan dengan hasil observasi visual melalui pengambilan gambar/foto akan memberikan hasil yang baik dalam survei dan pemetaan terumbu karang.

Identifikasi bentuk pertumbuhan karang yang didasarkan pada nilai *backscattering strength* dan karakteristik *echo* yang diperoleh dari *echosounder* dapat digunakan dalam mengelompokkan dan klasifikasi terumbu karang secara langsung. Beberapa teknik untuk mengeksplorasi energi *backscatter* akustik dari *echosounder single beam* telah digunakan. Teknik yang didasarkan pada sifat statistika seperti bentuk *echo* (Schlagintweit, 1993; Prager *et al.* 1995; Heald dan Pace, 1996), fraktal (Tegowski dan Lubiniewski, 2000) dan beberapa didasarkan pada jaringan saraf tiruan (*fuzzy neural network*) (Dung dan Stepnowsk, 2000), serta perbandingan nilai pantulan pertama (E1) dan pantulan kedua (E2) (Penrose *et al.* 2005).



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Dalam penelitian ini pengelompokan dan klasifikasi bentuk pertumbuhan karang (*coral lifeform*) didasarkan pada perbandingan nilai *volume backscattering strength (SV)* yang diperoleh dari pantulan pertama (E1) dan pantulan kedua (E2). Secara diagramatik, kerangka pemikiran yang mendasari penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

1.4 Tujuan penelitian

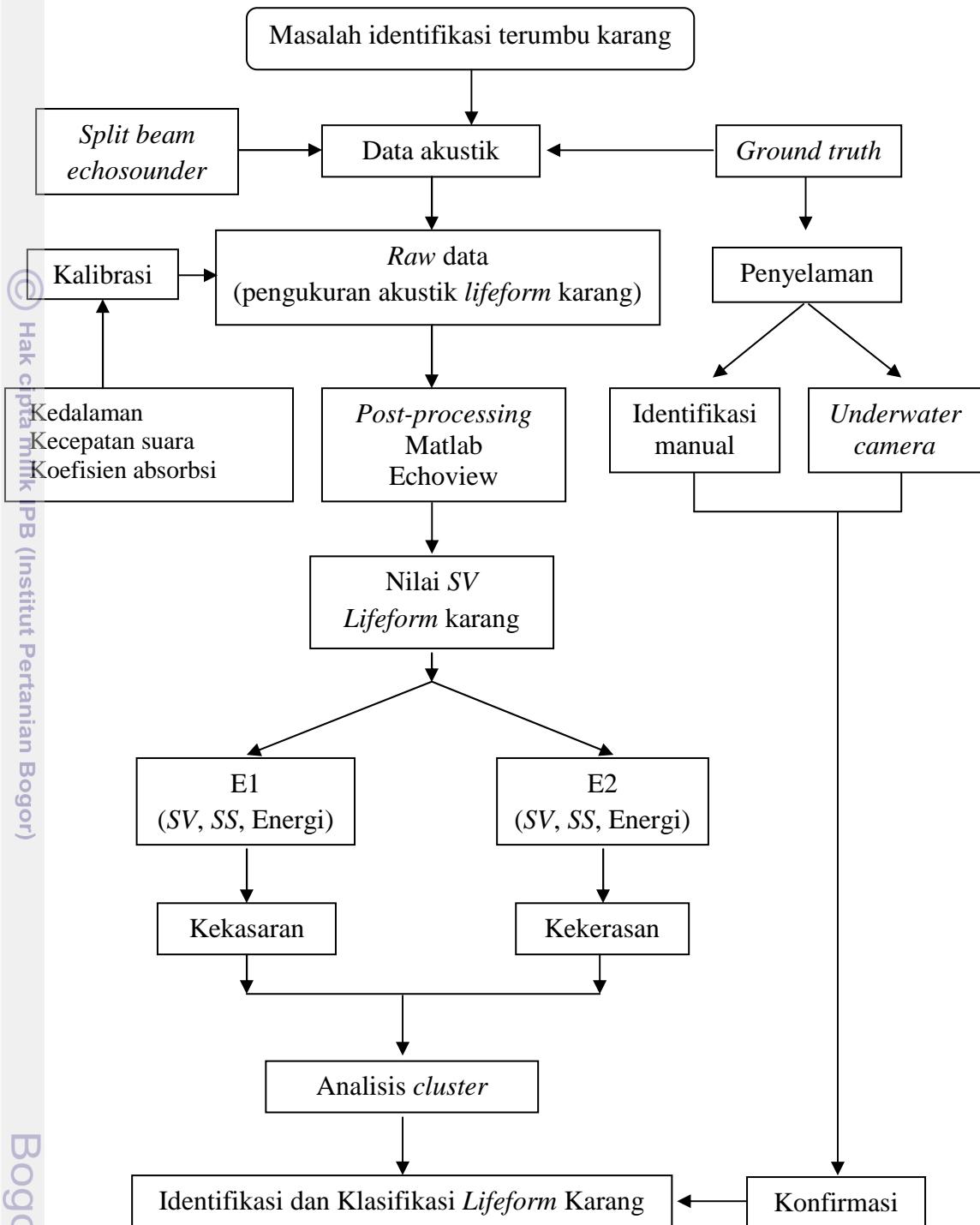
Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) mengidentifikasi nilai *volume backscattering strength (SV)* dan *surface backscattering strength (SS)* dari beberapa *lifeform* karang menggunakan instrumen hidroakustik *split beam echosounder*.
- 2) Mengklasifikasi bentuk pertumbuhan karang berdasarkan nilai SV dari pantulan pertama (E1) dan pantulan kedua (E2).

1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- 1) Memberikan gambaran karakteristik terumbu karang berdasarkan nilai *volume backscattering strength (SV)* yang dihasilkan oleh berbagai jenis *lifeform* karang.
- 2) Hasil yang diperoleh diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan dalam proses mengestimasi tingkat *rugosity* terumbu karang dengan menggunakan metode hidroakustik.



Gambar 1 Kerangka pemikiran penelitian.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2.1 Terumbu Karang

Terumbu karang merupakan satu kesatuan dari berbagai jenis karang. Terumbu karang adalah endapan-endapan *masif* yang penting dari kalsium karbonat yang terutama dihasilkan oleh hewan karang (Filum Cnidaria, kelas Anthozoa, ordo Madreporaria = Scleractinia) dengan sedikit tambahan dari alga berkapur dan organisme-organisme lain yang mengeluarkan kalsium karbonat (CaCO_3).

Pembentukan terumbu karang merupakan proses yang lama dan kompleks. Berkaitan dengan pembentukan terumbu, karang terbagi atas dua kelompok yaitu karang yang membentuk terumbu (*hermatipik*) dan karang yang tidak dapat membentuk terumbu (*ahermatipik*). Kelompok pertama dalam prosesnya bersimbiosis dengan *zooxanthellae* dan membutuhkan sinar matahari untuk membentuk bangunan dari kapur yang kemudian dikenal *reef building corals*, sedangkan kelompok kedua tidak dapat membentuk bangunan kapur sehingga dikenal dengan *non-reef building corals* yang secara normal hidupnya tidak tergantung pada sinar matahari (Veron, 1986).

2.1.1 Bentuk Pertumbuhan Karang

Jenis karang dari genus yang sama dapat mempunyai bentuk pertumbuhan yang berbeda pada suatu lokasi pertumbuhan. Kondisi fisik yang sama dapat mempunyai bentuk pertumbuhan yang mirip walaupun secara taksonomi berbeda. Adanya perbedaan bentuk pertumbuhan karang dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya meliputi kedalaman, arus, dan topografi dasar perairan (English *et al.* 1994).

Berdasarkan bentuk pertumbuhannya, karang batu terbagi atas karang *acropora* dan *non-acropora*. Karang jenis *acropora* lebih mudah dibedakan dan memiliki jumlah jenis dan penyebaran sangat luas dibandingkan dengan jenis lainnya. Perbedaan karang *acropora* dengan *non-acropora* terletak pada struktur *skeletonnya* (Gambar 2), dimana *acropora* memiliki bagian yang disebut *axial*

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

koralit dan *radikal koralit*, sedangkan *non acropora* hanya memiliki *radial koralit* (English *et al.* 1994).



Gambar 2 Struktur skeleton karang; a). *Acropora*, b). *non-Acropora*.

Menurut English *et al.* (1994), bentuk pertumbuhan karang *Acropora* terdiri atas:

Acropora bentuk cabang (*Acropora Branching*, ACB). Bentuk pertumbuhan karang ini bercabang seperti ranting pohon.

Acropora berbentuk meja (*Acropora Tabulate*, ACT). Bentuk bercabang dengan arah mendatar dan rata seperti meja dan ditopang oleh sebuah batang yang terpusat dan tertumpu pada satu dengan membentuk sudut.

Acropora merayap (*Acropora Encrusting*, ACE). Bentuk pertumbuhan ini memiliki bentuk mengerak dan menempel pada jenis karang lainnya dan biasanya terjadi pada acropora yang belum sempurna.

- 4) *Acropora submassive* (ACS), memiliki percabangan dengan bentuk seperti gada/lempeng yang kokoh, contoh genus *Isopora*.
- 5) *Acropora digitate* (ACD), bentuk percabangan rapat dengan cabang seperti jari-jari tangan.

Bentuk pertumbuhan karang *non-Acropora* terdiri atas:

1) Bentuk bercabang (*Coral Branching*, CB). Bentuk atau tipe karang yang memiliki cabang dengan ukuran cabang lebih panjang dibandingkan dengan ketebalan atau diameter yang dimilikinya.

2) Bentuk padat (*Coral Massive*, CM). Bentuknya seperti bola yang padat dan ukurannya bervariasi mulai dari sebesar telur sampai sebesar ukuran rumah serta permukaannya halus dan padat, biasanya ditemukan di sepanjang tepi terumbu karang dan bagian atas lereng terumbu.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- 3) Bentuk kerak (*Coral Encrusting*, CE). Bentuk pertumbuhan ini tumbuh menyerupai dasar terumbu dengan permukaan yang kasar dan keras serta berlubang kecil dan bentuknya merayap dengan hampir seluruh bagian menempel pada substrat.
- 4) *Coral Submassive* (CS), bentuk kokoh dengan tonjolan-tonjolan atau kolom-kolom kecil.
- 5) Bentuk lembaran (*Coral Foliose*, CF), bentuk atau tipe karang yang tumbuh menyerupai lembaran daun yang menonjol pada dasar terumbu, berukuran kecil dan membentuk lipatan atau melingkar.
- 6) Bentuk jamur (*Coral Mushroom*, CMR), memiliki bentuk oval dan menyerupai jamur serta memiliki permukaan yang banyak tonjolan seperti punggung bukit beralur.
- 7) Karang api (*Coral Millepora*, CME), semua jenis karang api dapat dikenali dengan adanya warna kuning di ujung koloni dan rasa panas seperti terbakar apabila tersentuh.
- 8) Karang biru (*Coral Heliopora*, CHL), dapat dikenali dengan adanya warna biru pada skeleton.

2.1.2 Teknik Identifikasi Karang

Teknik identifikasi karang dapat dilakukan dengan empat cara (Johan, 2003), yaitu:

1. **Teknik visual**, yakni pengamatan langsung di alam. Teknik visual ini memperhatikan warna karang hidup, bentuk koloni dan bentuk tentakel yang ada (untuk spesies karang tertentu dimana tentakelnya keluar di siang hari). Cara visual ini lebih mudah untuk spesies karang tertentu, namun tidak dapat diterapkan pada semua spesies karang. Identifikasi karang ke tingkat spesies biasanya membutuhkan alat bantu mikroskop untuk melihat bagian-bagian korallit dari rangka kapurnya. Pengamatan secara langsung ini bisa gunakan bagi peneliti yang telah berpengalaman.
2. **Teknik menelaah rangka kapur karang**. Teknik ini memperhatikan bentuk rangka kapur karang, pada karang yang telah mati. Penerapan teknik ini, terlebih dahulu harus memahami bagian-bagian dari rangka kapur karang. Bagian-bagian dari rangka kapur karang yang perlu diperhatikan antara lain

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

3.

ialah bentuk koloni (apakah tergolong masif, bercabang, lembaran, dll.), bentuk koralit (ceroid, plocoid, meandroid, dll.) dan bagian-bagian koralit lainnya seperti septa, pali, columella dan coenostium. Alat bantu yang diperlukan antara lain ialah kaca pembesar.

Pengamatan pada bentuk pertumbuhan karang. Cara ini sangat mudah dan cepat dipelajari yaitu dengan melihat bentuk pertumbuhan koloni karang. Bagi peneliti muda dan dalam penelitian kondisi terumbu karang, metode ini sudah sering digunakan. Kemudian kemampuan identifikasi karang akan terus meningkat sesuai dengan pengalaman seiring dengan berjalannya waktu dan seringnya melakukan survei karang.

Teknik analisa DNA. Teknik ini berskala laboratorium dan masih jarang dilakukan oleh peneliti. Teknik ini diperlukan untuk kasus-kasus tertentu, dimana kita mengalami kesulitan menentukan spesies dari suatu karang, jika hanya berdasarkan bentuk pertumbuhan koloni dan telaah rangka kapur.

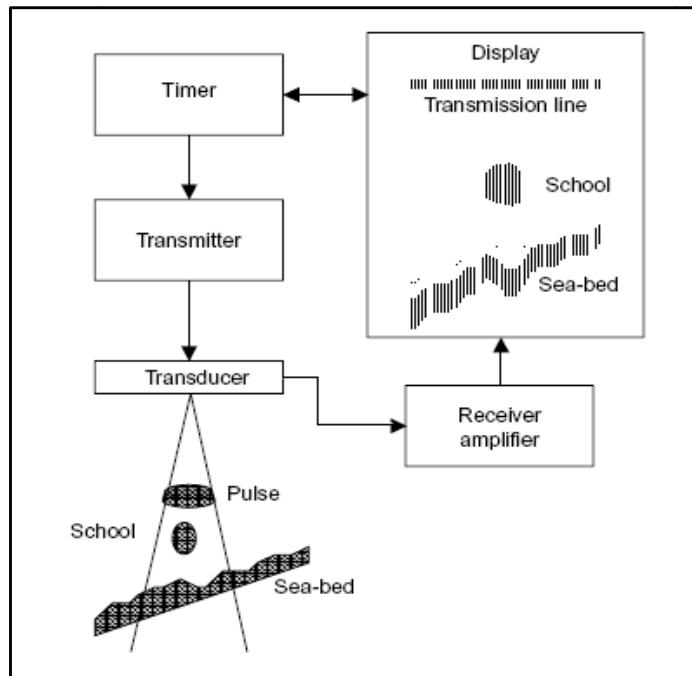
2.2 Metode Akustik

Akustik atau hidroakustik merupakan ilmu yang mempelajari mengenai gelombang suara dan perambatannya dalam suatu medium. Secara prinsip gelombang suara yang ditransmisikan ke kolom perairan dalam bentuk pulsa suara, ketika mengenai target maka oleh target tersebut akan dipantulkan kembali dalam bentuk gema (*echo*) yang kemudian dapat dilakukan analisa terhadap pantulan yang diberikan untuk mendapatkan informasi dari target yang terdeteksi.

Prinsip dari pengoperasian metode hidroakustik adalah dimulai dari *timer* yang berfungsi sebagai penanda pulsa listrik untuk mengaktifkan pemancaran pulsa yang akan dipancarkan oleh *transmitter* melalui *transducer* (Gambar 3). *Transducer* berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi suara ketika suara akan dipancarkan ke medium. Gelombang akustik yang merambat di kolom perairan akan mengenai target seperti ikan atau dasar perairan dimana gelombang akustik ini akan dipantulkan kembali dalam bentuk *echo* dan akan diterima oleh *transducer* dan mengubahnya menjadi energi listrik dan diteruskan ke *receiver amplifier* yang berfungsi untuk menguatkan sinyal listrik sebelum diteruskan ke unit *display* (peraga) untuk ditampilkan dalam bentuk *echogram* (MacLennan and Simmonds, 2005).

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 3 Prinsip hidroakustik
Sumber: MacLennan and Simmonds (2005).

Pengamatan atau deteksi terhadap suatu objek menggunakan metode akustik harus memperhatikan nilai dari *SNR* (*signal to noise ratio*) yang diperoleh. Suatu objek dapat terdeteksi jika nilai *SNR* bernilai positif, mengikuti persamaan berikut:

Dimana EL dan N adalah total sinyal yang kembali (*echo*) dan *noise* yang diperoleh dalam satuan dB *re* $1 \mu\text{Pa}$. *Echo* merupakan sinyal pantulan dari target yang diharapkan sedangkan *noise* merupakan sinyal pantulan yang tidak diharapkan (gangguan). *Noise* dapat berasal dari berbagai faktor, seperti gangguan yang berasal lingkungan (*ambient noise*), gangguan dari instrumen itu sendiri (*self noise*), serta reverberasi atau pantulan pulsa suara yang berasal dari objek yang tidak diharapkan. Besarnya *echo* dituliskan dalam satuan desibel (dB) yang merupakan fungsi dari:

$$EL = SL + SV - 2TL \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

dimana SV adalah nilai *volume backscattering strength* dari target dan SL merupakan *source level* yang dihasilkan oleh *echosounder*, dengan satuan dB re 1

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

μPa pada 1 m. Sedangkan nilai $2TL$ didapat dari dua arah *transmission loss* yaitu dari *echosounder* ke target dan dari target ke *echosounder* (Urick 1983).

2.2.1 *Backscattering* Dasar Perairan

Dasar perairan memiliki karakteristik dalam memantulkan dan menghamburkan kembali gelombang suara seperti halnya pada permukaan perairan laut. Namun, efek pantulan dan *backscattering* yang dihasilkan lebih kompleks karena sifat dasar laut yang tersusun atas beragam unsur mulai dari lapisan bebatuan yang keras hingga lempung yang halus dan tersusun atas lapisan-lapisan yang memiliki komposisi yang berbeda-beda (Urick, 1983).

Lebih lanjut Urick (1983) menjelaskan bahwa pada dasarnya tidak terdapat hubungan yang kuat antara frekuensi yang digunakan dengan nilai *bottom backscattering* yang dihasilkan dari dasar laut dengan tipe batu dan pasir berbatu serta pasir yang mengandung cangkang karang. Hal ini diakibatkan oleh tekstrur permukaan dasar tersebut yang cenderung lebih kasar sehingga energi suara yang mengenai dasar tersebut akan terhamburkan. Pada jenis dasar atau sedimen yang lebih halus, penggunaan frekuensi diatas 10 kHz akan memperlihatkan kecenderungan adanya hubungan antara frekuensi dan jenis dasar perairan.

Metode hidroakustik mampu melakukan pengukuran terhadap besar kecilnya pantulan dasar perairan dari berbagai tipe partikel melalui analisis sinyal yang diperoleh. Secara ringkas, gelombang akustik yang terjadi pada permukaan antara air laut dan dasar laut mencakup pantulan dan pembauran pada daerah tersebut dan transmisi di medium kedua. Proses ini secara umum ditentukan oleh beda impedansi akustik ($z = \rho c$) antara kedua medium (Siwabessy, 2001).

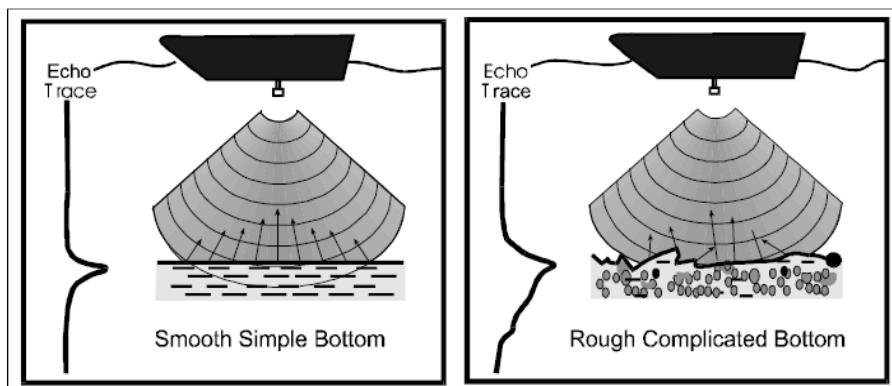
Pada saat gelombang hidroakustik mengenai permukaan dasar perairan, sebagian energi akan menembus dasar perairan dan sebagian kembali ke *transducer*. Pada frekuensi rendah, pantulan dasar akustik ditentukan oleh sedimen dasar perairan yang berbeda-beda. Dasar perairan yang sangat keras memiliki pantulan dasar yang lebih kuat dari dasar perairan yang keras dan halus, lunak dan halus dan seterusnya (Siwabessy, 2001). Pada frekuensi di atas beberapa kilohertz, relief dasar mempunyai peran yang lebih dominan.

Nilai *backscattering strength* yang diberikan oleh dasar perairan biasanya memiliki intensitas [dB] yang besar, namun diperlukan juga pembatasan agar

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

hanya nilai pemantulan dari dasar laut yang ingin diamati dapat terekam dengan baik. Orlowski (2007) menyebutkan bahwa batas minimum deteksi (*threshold*) echo yang kembali dari dasar perairan adalah -60 dB (mengacu pada standar EY 500). Batas ini memberikan gambaran yang stabil terhadap seluruh area penelitian, dimana dasar perairan yang memiliki karakteristik nilai pantulan yang lemah juga dapat terdeteksi.

Kloser *et al.* (2001) dan Schlagintweit (1993) telah melakukan observasi klasifikasi dasar laut berdasarkan frekuensi akustik. Dasar perairan yang memiliki ciri yang sama, indeks kekasaran (*roughness*) telah diamati dengan dua frekuensi berbeda yang mereka gunakan. Schlagintweit (1993) menemukan bahwa perbedaan muncul dari data frekuensi 40 dan 208 kHz yang disebabkan perbedaan penetrasi dasar perairan dari frekuensi ini pada berbagai macam tipe dasar perairan.

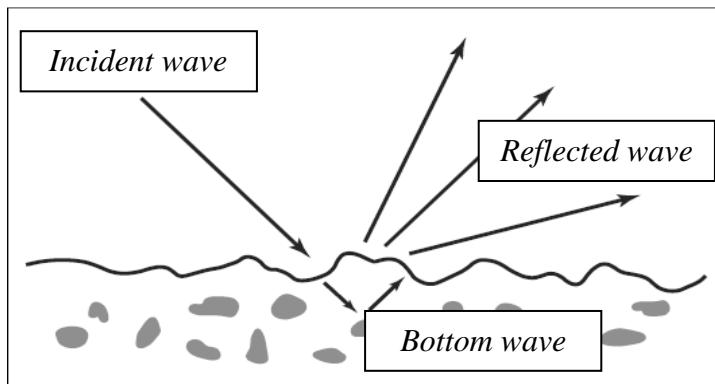


Gambar 4 *Echo* dasar perairan
Sumber: Hamouda and Abdel-Salam (2010).

Besarnya tingkat penetrasi dan pantulan (refleksi) dasar perairan juga ditentukan oleh jenis sedimen itu sendiri dimana dasar perairan atau sedimen yang memiliki sifat lebih keras akan memberikan pantulan dengan nilai amplitudo yang lebih besar (Hamilton, 2001). Nilai *backscattering strength* dipengaruhi oleh impedansi akustik sebagai faktor utama, selain itu juga dipengaruhi oleh kekasaran (*roughness*) permukaan sedimen dan heterogenitas volume sedimen.

Gelombang akustik akan dihamburkan secara acak karena ketidakteraturan dari dasar perairan yang mencakup kekasaran dari permukaan sedimen dasar perairan, variasi ruang dalam sifat fisik sedimen, dan masukan oleh kulit karang

atau *bubbles* (Gambar 5). Pada frekuensi tinggi, semua dasar perairan memiliki banyak ketidakteraturan pada skala gelombang akustik (Jackson dan Richardson, 2007).



Gambar 5 Sketsa *backscattering* akustik dasar perairan yang disebabkan kekerasan dari permukaan dan heterogenitas sedimen.

Sumber: Jackson dan Richardson (2007).

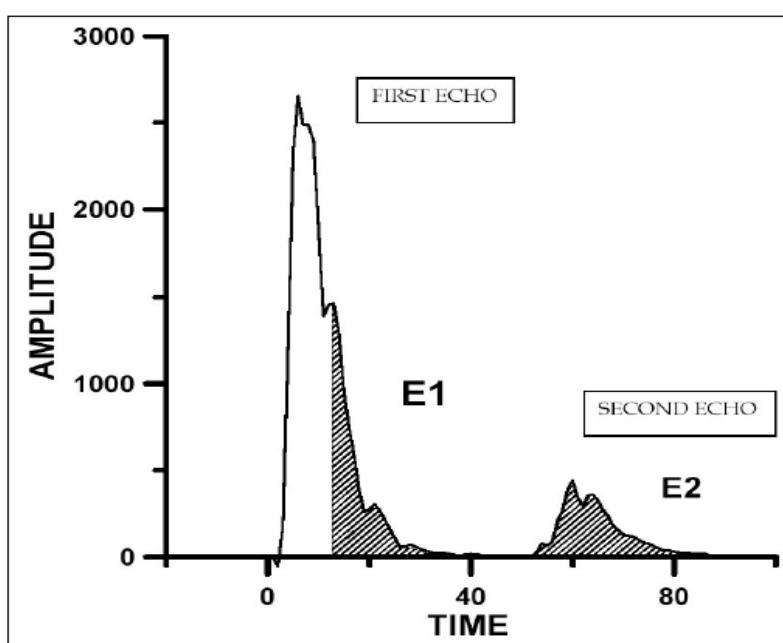
2.2.2 Pendekatan Metode Akustik Terhadap Dasar Perairan

Pendekatan metode akustik dalam kegiatan identifikasi, klasifikasi dan pemetaan habitat dasar perairan sudah semakin berkembang dan telah banyak diterapkan. Teknik akustik dengan menggunakan *single beam echosounder* misalnya, telah banyak diterapkan dalam mengklasifikasi dasar laut dengan melakukan langkah-langkah pengukuran yang berhubungan dengan tipe substrat, terutama pada daerah *continental shelf*. Selain itu beberapa sistem akustik komersil juga telah dikembangkan dan diterapkan dalam klasifikasi dasar perairan seperti sistem *RoxAnn*, sistem *QTC View* dan sistem *ECHOplus* yang pada dasarnya menggunakan ukuran besarnya *backscatter* sinyal akustik untuk mengestimasi tingkat kekerasan dari dasar laut, dan ukuran panjang *echo* yang kembali untuk mengestimasi tingkat kekerasan dasar laut (Penrose *et al.* 2005).

Sistem klasifikasi dasar perairan secara akustik menggunakan bukaan *beam echosounder* (biasanya dengan *beamwidth* 12-55°) untuk mendapatkan informasi mengenai "kerasan" dasar laut (koefisien refleksi) dan "kekerasan" (sebagai koefisien *backscatter*) (Penrose *et al.* 2005). Secara prinsip, penggunaan metode akustik dalam klasifikasi dasar perairan khususnya untuk mendapatkan informasi tentang jenis lapisan dasar perairan dan vegetasi bawah air biasanya disandikan dalam bentuk sinyal *echo*. Sinyal tersebut dapat direkam dan disimpan dan

diperoleh secara bersamaan dengan data GPS, sehingga bisa diketahui posisi dari masing-masing tipe dasar perairan.

Bentuk *echo* dan energi sangat tergantung pada jenis dasar perairan khususnya berkaitan dengan tingkat kekerasan (*roughness*) dan kekerasan (*hardness*) dasar. Gambar 6 memperlihatkan bentuk *echo* yang dihasilkan oleh dasar perairan. Pada bagian pertama dari bentuk *echo* yang dihasilkan menunjukkan puncak (*peak*) yang secara dominan berasal dari *specular*, dan bagian yang kedua adalah berasal dari kontribusi *backscatter* yang bersifat acak (membingungkan).



Gambar 6 Pantulan pertama dan kedua dari dasar perairan yang digunakan dalam sistem RoxAnn.

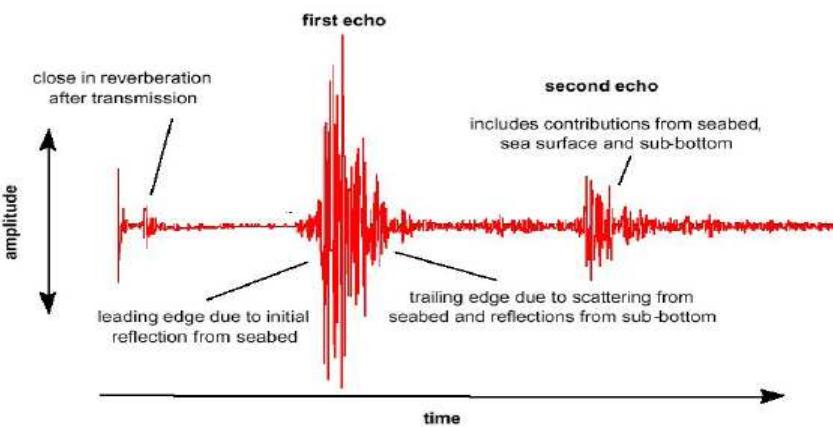
Sumber: Hamilton (2001)

Dasar perairan yang datar/rata dan halus akan mengembalikan ping insiden dengan bentuk yang tidak berubah, tetapi lebih besar penetrasi ke dalam sedimen yang lembut sehingga melemahkan kekuatan sinyal akustik daripada sedimen yang keras. Permukaan sedimen yang kasar memiliki energi *backscattered* yang lebih dari permukaan yang halus pada bagian luar dari *beam* (dimana refleksi energi menjauh dari arah transduser), sehingga permukaan kasar diharapkan memiliki puncak lebih rendah dan ekor lebih panjang daripada permukaan halus dengan komposisi yang sama. Panjang dan energi dari ekor (*tail*) mampu

mengukur secara langsung tingkat kekasaran akustik permukaan sedimen. Bentuk *echo* juga dipengaruhi oleh karakteristik echosounder seperti frekuensi, panjang ping, bentuk ping, dan lebar beam. Penetrasi akustik ke dasar dan kehadiran reflektor pada *sub-surface* juga dapat mempengaruhi bentuk *echo* melalui volume reverberasi. Akuisisi dan klasifikasi *echo envelope* memungkinkan tipe dasar untuk disimpulkan dari karakteristik energi dan bentuk *echo* (Penrose *et al.* 2005).

Echo *first bottom* secara langsung berasal dari dasar perairan dan *second bottom* direfleksikan dua kali yaitu dari dasar laut dan sekali oleh permukaan laut dan lambung kapal. Interaksi ganda dari dasar perairan pada *echo* kedua menyebabkan hal ini dengan sangat kuat dipengaruhi oleh tingkat kekerasan dari dasar, kemudian efek kekasaran menjadi sekunder.

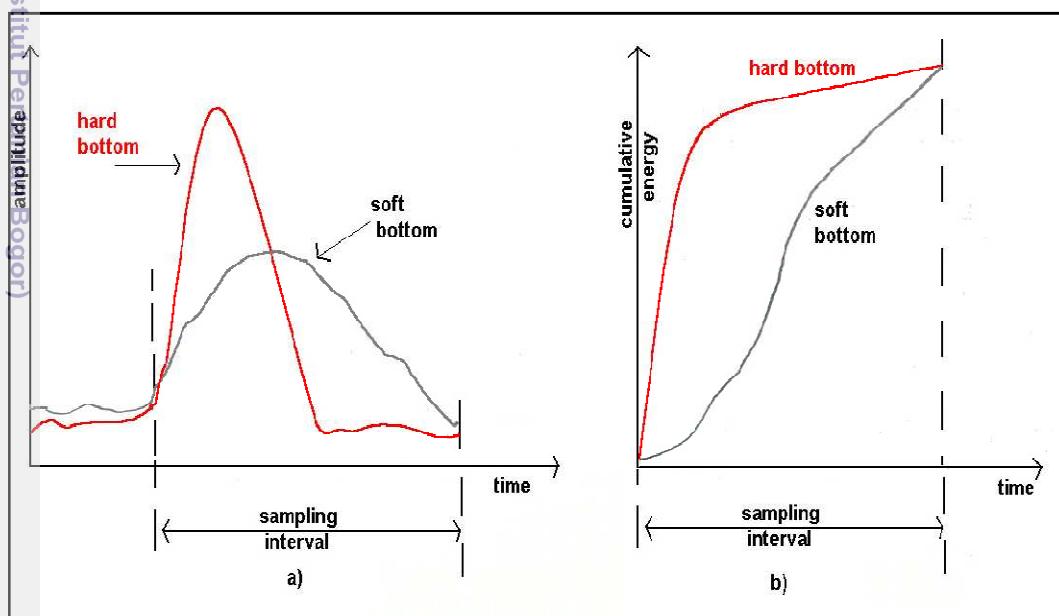
Gambar 7 menunjukkan jejak/perambatan tegangan yang merupakan *output echosounder* untuk satu ping yang digunakan oleh sistem *RoxAnn* dalam klasifikasi dasar perairan. Namun, *output* ini biasanya tidak tersedia untuk pengguna karena sistem ini telah memproses data dan mengumpulkan dalam sejumlah *ping* sebelum ditampilkan. Oleh karena itu, verifikasi hasil sampling fisik dasar perairan harus ada dan sangat diperlukan dimana verifikasi dapat dilakukan melalui penyelaman atau perekaman dengan kamera bawah air. Data yang diperoleh dicatat sebagai data akustik. Setelah diverifikasi, hasil disimpan sehingga jenis dasar perairan dapat diketahui dan dapat dibandingkan dengan data dari sinyal *echo*.



Gambar 7 *Output* yang dihasilkan oleh *echosounder* dalam sistem *RoxAnn*.

Sumber: Penrose *et al.* (2005)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



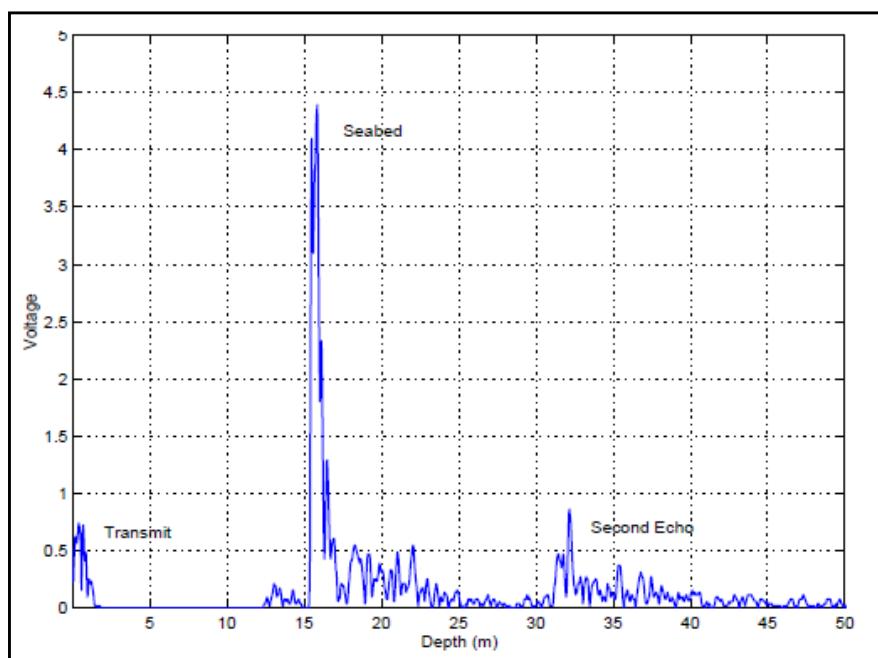
Gambar 8 Bentuk kurva dasar perairan dari dasar perairan yang keras dan lunak;
 (a) Amplitudo sinyal *echo* dan (b) Kurva energi kumulatif
 Sumber: Burczynski (1999).

Amplitudo dan bentuk sinyal akustik yang dipantulkan dari dasar laut ditentukan oleh kekasaran dasar laut, perbedaan densitas antara air dan dasar laut, dan reverberasi di dalam substrat. Klasifikasi dasar laut memerlukan sistem akuisisi data akustik dan suatu algoritma yang menganalisis data, menentukan jenis dasar laut dan menghubungkannya dengan hasil klasifikasi akustik terhadap sifat fisik sedimen laut.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Penggunaan sistem klasifikasi dasar laut telah terintegrasi dengan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak. Pengolahan data biasanya tergantung pada ekstraksi fitur karakteristik dari *echo* dasar laut (Gambar 9). Klasifikasi memasukkan semacam teknik penyaringan untuk kelompok *echo* dengan fitur yang serupa.

Durasi *echo* mempengaruhi berbagai macam fitur yang selain tergantung pada bentuk *echo*, juga tergantung pada jenis sedimen dan kedalaman. Nilai amplitudo *backscatter* tergantung pada jenis sedimen, *grazing angle*, dan jarak. Ketergantungan pada *grazing angle* dan jarak harus dikurangi untuk klasifikasi dasar perairan (Preston *et al.* 2004).



Gambar 9 *Echo* yang menunjukkan jejak dari pulsa yang dikirim dan dipantulkan dari dasar laut

Sumber: Collins and McConaughey (1998).

Frekuensi rendah dimana panjang gelombang akustik lebih besar dari skala kekasaran dasar laut, secara akustik akan tampak lembut. Dalam hal ini, pemantulan dasar laut akan didominasi oleh penyebaran dasar laut. Disisi lain, pada frekuensi tinggi dimana panjang gelombang akustik lebih kecil dari skala penyebaran kekasaran dasar laut, penyebaran kekasaran dapat mendominasi sinyal yang dikembalikan dari dasar laut mungkin secara akustik dianggap kasar. Ketika

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dasar laut menyerap lebih sedikit energi pada frekuensi rendah dibandingkan frekuensi tinggi, lapisan dibawah dasar laut permukaan boleh jadi tampak secara akustik. Oleh karena itu, *backscatter* dasar laut dan pemantulan dasar perairan pada frekuensi rendah dapat sampai pada waktu yang bersamaan dari berbagai sudut (Penrose *et al.* 2005).

2.2.3 Echosounder Split Beam

Split beam SIMRAD EY 60 scientific echosounder system (*Split Beam Acoustic System*), merupakan tipe *echosounder* atau metode baru yang dikembangkan untuk memperbaiki kelemahan–kelemahan dari metode sebelumnya seperti sistem *single beam* dan *dual beam*. Perbedaan *Split beam* dengan metode sebelumnya terdapat pada kontruksi transduser yang memiliki empat kuadran yaitu *Fore* (haluan), *Aft* (buritan), *Port* (lambung kiri) dan *Starboard* (lambung kanan).

Selama transmisi, *transmitter* mengirimkan daya akustik ke semua bagian tranduser pada waktu yang bersamaan. Sinyal yang terpantul dari target diterima secara terpisah oleh masing–masing kuadran. Selama penerimaan berlangsung keempat bagian tranduser menerima gema dari target, dimana target yang terdeteksi oleh tranduser terletak pada pusat dari *split beam* dan gema dari target dikembalikan dan diterima oleh keempat bagian pada waktu yang bersamaan (Gambar 10). Tetapi jika target yang terdeteksi tidak terletak pada sumbu pusat *split beam*, maka gema yang kembali akan diterima lebih dulu oleh bagian tranduser yang paling dekat dari target atau dengan mengisolasi target dengan menggunakan *output* dari *split beam* penuh (*full beam*) (SIMRAD 1993).

Sistem akustik *split-beam* modern memiliki fungsi *Time Varied Gain* (TVG) di dalam sistem perolehan data akustik yang berfungsi secara otomatis untuk mengeliminir pengaruh R (*range = depth*) dan meminimalisasi pengaruh attenuasi yang disebabkan oleh frekuensi suara yang dikirim, medium yang digunakan, resistansi dari medium yang digunakan maupun absorpsi suara ketika merambat dalam air.

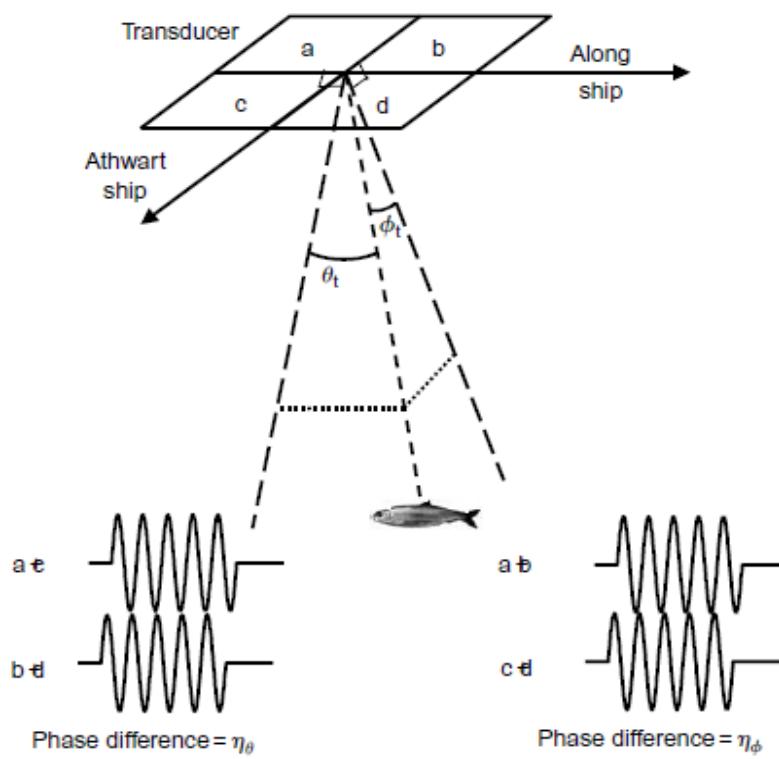
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

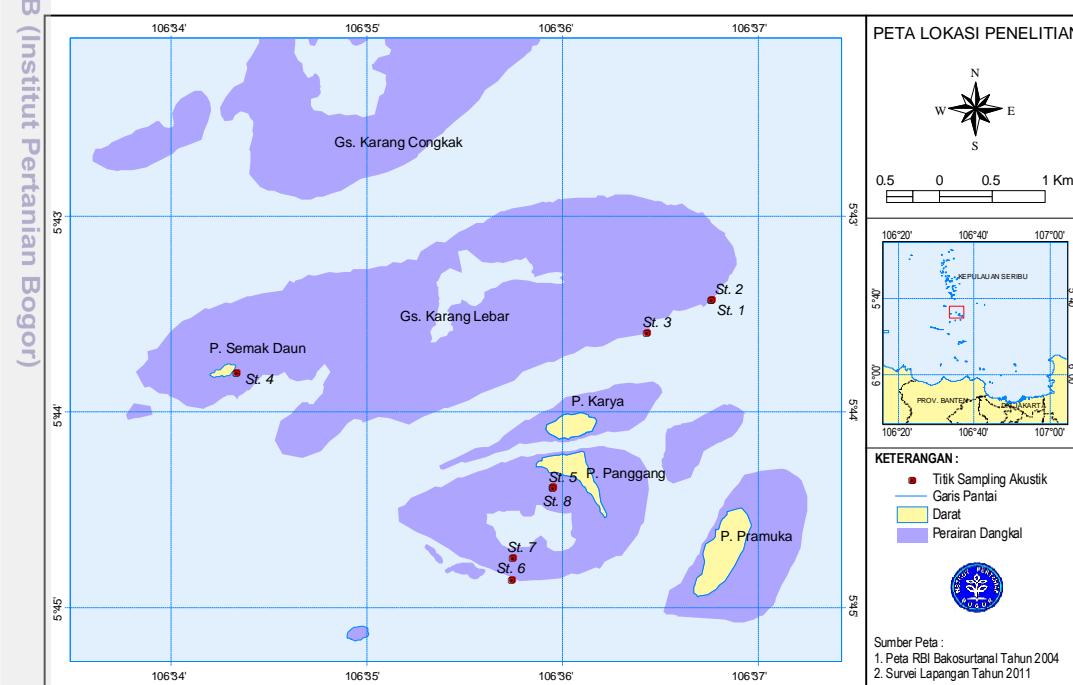
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 10 Prinsip kerja dari *echosounder split-beam*.



Gambar 11 Peta lokasi penelitian

Kegiatan pengolahan dan analisis data akustik dilakukan di Laboratorium Akustik dan Instrumentasi Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan FPIK –IPB serta di Laboratorium Pusat Penelitian Pengelolaan Perikanan dan Konservasi Sumberdaya Ikan (P4KSDI) Jakarta.

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Desember 2010 – Juli 2011 yang meliputi tahapan persiapan, pengukuran data lapangan, pengolahan dan analisis data hingga penyusunan tesis. Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 30 Januari hingga 3 Februari 2011 yang berlokasi di sekitar perairan Pulau Panggang, Pulau Semak Daun, dan Karang Lebar, Kepulauan Seribu. Sebanyak 8 titik ditetapkan sebagai stasiun pengambilan data akustik yang ditentukan dengan menggunakan GPS (Gambar 11).

3.2 Peralatan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini baik observasi visual maupun pengumpulan data akustik disajikan pada Tabel 1, sedangkan Tabel 2 menunjukkan spesifikasi dari transduser yang digunakan. Gambar dari peralatan yang digunakan dapat di lihat pada Lampiran 1.

Tabel 1 Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian

Alat dan bahan	Jenis	Kegunaan
Echosounder	Simrad EY60 Scientific <i>Echosounder split beam, 120 kHz</i>	Pengambilan data akustik terumbu karang
GPS	Garmin	Pengambilan data posisi
Notebook/Laptop	Hp Compaq	Pemrosesan dan penyimpanan data akustik
Alat selam	SCUBA	Alat bantu observasi Visual dan klasifikasi <i>lifeform</i> karang
<i>Underwater camera</i>		Dokumentasi objek bawah air
Kapal	Kapal nelayan 5 GT	Wahana apung/ tempat pemasangan alat survei akustik

Tabel 2 Spesifikasi teknis transduser seri ES 120-7C

Spesifikasi	Besaran	Satuan
<i>Resonant frequency</i>	120	kHz
<i>Circular bandwidth</i>	7	derajat
<i>Directivity</i>		
$DI = 10 \log D$	28	dB
<i>Equivalent two-way beam angle</i>		
$10 \log \Psi$	-21	dB re 1 steradian
<i>Impedance</i>	19	ohm
<i>Transmitting response</i>	185	dB re 1 μ Pa per V
<i>Receiving sensitivity, open circuit</i>	-190	dB re 1 V per μ Pa

3.3 Metode Pengumpulan Data Akustik

Pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan pada setiap jenis *lifeform* karang yang ada di lokasi penelitian. Proses pengukuran diawali dengan observasi visual (penyelaman) untuk menentukan titik-titik pengambilan data, yaitu dengan menitikberatkan pada jenis *lifeform* karang yang memiliki luasan tutupan permukaan sekitar 1-2 meter serta keberadaannya tidak bercampur dengan jenis lainnya.

3.3.1 Observasi Visual

Observasi visual dilakukan untuk memperoleh data *ground truth* yang nantinya akan digunakan untuk mvalidasi hasil identifikasi berdasarkan data akustik yang diperoleh. Proses pengambilan data *ground-truth* ini dilakukan dengan penyelaman pada setiap stasiun/titik pengamatan sebelum proses pengambilan data akustik yang dilakukan oleh 2 orang yang memiliki ketrampilan menyelam dan pemahaman dalam mengidentifikasi *lifeform* karang serta dilengkapi meteran untuk mengukur dimensi dari target serta *underwater camera* untuk pengambilan dokumentasi *lifeform* karang yang diamati.

3.3.2 Pengambilan Data Akustik

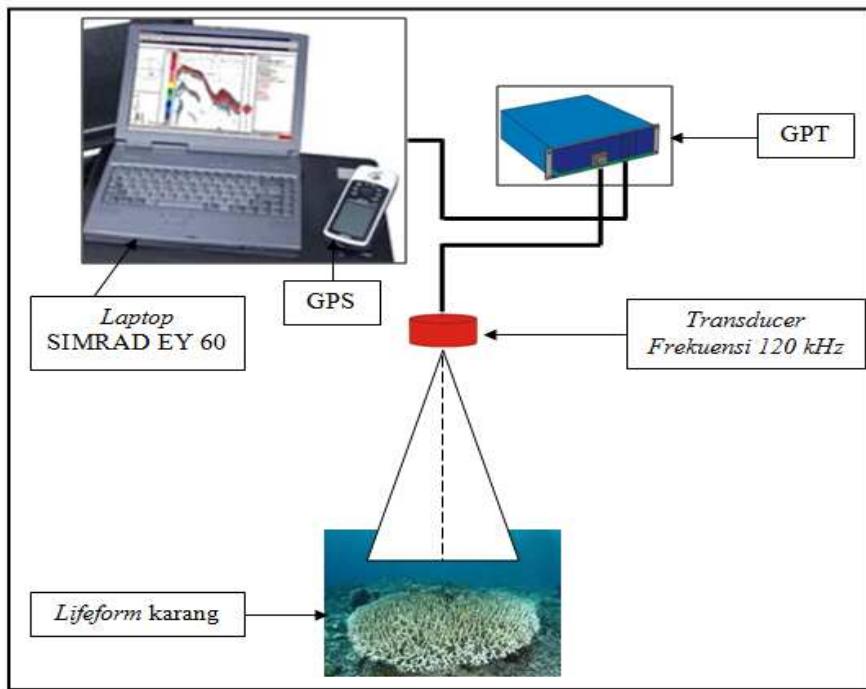
Pengukuran akustik *lifeform* karang dilakukan dengan menggunakan instrumen *scientific echosounder split-beam* SIMRAD EY 60. Instrumen ini dioperasikan dengan menggunakan frekuensi 120 kHz, dengan nilai *transmitted pulse length* 0,128 m/dtk, frekuensi sampling 5 ping per detik, serta penggunaan minimum *threshold* sebesar -90 dB. Proses pengambilan data dilakukan secara *stasioner* (stasiun tetap) dengan mengarahkan transduser pada setiap jenis *lifeform* karang dan bentuk dasar perairan selain karang (pasir dan *rubble*) yang merupakan objek/target dalam penelitian ini (Gambar 12). Posisi dari target telah ditentukan sebelumnya dengan menggunakan GPS dan ditandai dengan pelampung. Proses perekaman data akustik dilakukan selama 15 menit atau setelah mendapatkan data sebanyak ≥ 3000 ping. Selama proses pengambilan data dilakukan, kondisi kapal dalam keadaan diam pada posisi yang telah ditentukan sehingga proses perekaman data diharapkan berasal dari target yang sama.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 12 Proses pengambilan data akustik



Gambar 13 Dokumentasi proses pengambilan data akustik

Data yang diperoleh selanjutnya disimpan dalam format *raw data* di *hard disc* dan dicatat posisi pengambilan datanya. Selain itu pengukuran suhu dan salinitas perairan juga dilakukan bersamaan dengan pengambilan data akustik yang akan digunakan sebagai faktor koreksi dalam proses kalibrasi.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak Cipta Milik IPB (Institut Pertanian Bogor)
Bogor Agricultural University
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

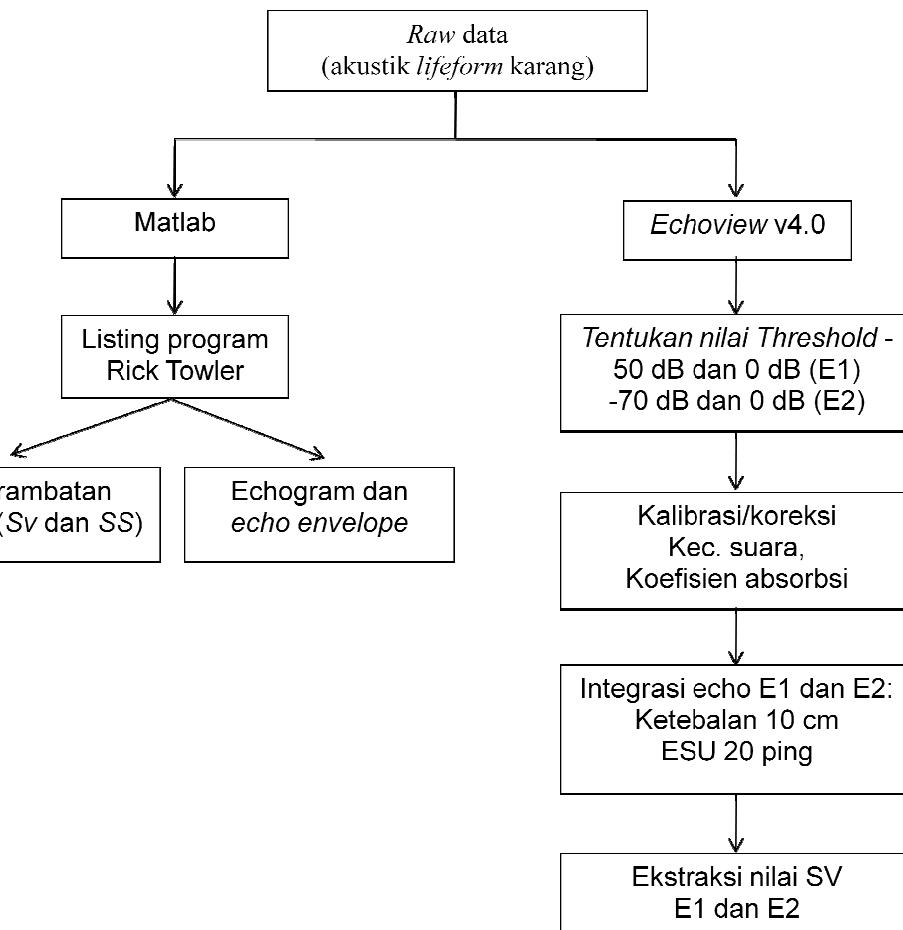
3.4 Pemrosesan Data Akustik

Gema (*Echo*) dari *lifeform* karang dengan jelas ditampilkan melalui *echogram* berdasarkan variabilitasnya dari *ping* ke *ping*. Dalam proses membedakan *echo* dari beberapa jenis *lifeform* karang maka dilakukan dengan kuantifikasi sinyal gema untuk menghasilkan suatu data berdasarkan nilai rata-rata yang diperoleh. Nilai *Sv* dari *lifeform* karang di ekstrak dari pantulan pertama (E1) yang mengindikasikan tingkat kekasaran (*roughness*) dan pantulan kedua (E2) yang mengindikasikan tingkat kekerasan (*hardness*).

Data akustik yang diperoleh dari instrumen *split beam echosounder* SIMRAD EY 60 yang masih dalam bentuk *raw data (echogram)* selanjutnya diproses dengan menggunakan perangkat lunak *Matlab* dan *Echoview v.4.0* (Gambar 14). Perangkat lunak *Matlab* digunakan untuk menunjukkan pola perambatan pulsa akustik dalam *SV* dan *SS* yang diolah dengan mengikuti *listing* program dari Rick Towler, NOAA-Alaska (Lampiran 2), sedangkan perangkat lunak *Echoview* digunakan untuk mengekstraksi nilai *volume backscattering strength (Sv)* yang lebih detail. Pemrosesan data dengan perangkat lunak *Echoview* diawali dengan menentukan nilai ambang (*threshold*) yaitu untuk *energy of the 1st bottom echo* (E1) *threshold* minimum yang digunakan adalah -50 dB dan maksimum 0 dB, sedangkan *threshold* minimum untuk *energy of the 2nd bottom echo* (E2) sebesar -70 dB dan maksimum pada 0 dB. Tahap selanjutnya adalah melakukan koreksi melalui menu *calibration setting*, yaitu dengan memasukkan faktor koreksi seperti kecepatan suara dan koefisien absorpsi. Setelah dikalkulasi diperoleh nilai kecepatan suara 1.538,02 m/s dan koefisien absorpsi (α) sebesar 0,042750 dB/m, pada suhu 28° C dan salinitas 32 ppt.

Proses selanjutnya adalah melakukan integrasi gema (*echo integration*) dasar perairan pada kedua pantulan akustik dari *lifeform* karang (*first bottom* dan *second bottom*) untuk melihat respon dan karakteristik nilai hambur balik dari *lifeform* karang yang diamati. Respon akustik dari *lifeform* karang diperoleh dengan mengintegrasikan *echogram* dari setiap *lifeform* karang dengan ketebalan integrasi 10 cm yang diambil mulai dari waktu deteksi dasar (*time bottom detect*). Satuan dasar pencuplikan (*Elementary Sampling Unit*, ESU) yang digunakan pada proses integrasi adalah berdasarkan jumlah *ping* (*ping number*) sebesar 20 *ping*.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 14 Diagram alir pemrosesan data akustik

3.5 Analisis Data

3.5.1 Komputasi Acoustic Bottom Backscattering Strength (SV dan SS)

Nilai *volume backscattering strength* (SV) dari *lifeform* karang diperoleh dengan menggunakan perangkat lunak *Echoview versi 4.0* dengan bantuan *interface dongle* (Lampiran 3). Komputasi dilakukan dengan mengambil sampel data sebanyak 4000 ping dari setiap jenis *lifeform* karang yang kemudian dirata-ratakan. Hasil pengrata-rataan yang diperoleh dianggap sebagai nilai *volume backscattering* (SV) *lifeform* karang.

Selain *volume backscattering strength* (SV), dalam penelitian ini juga menghitung nilai *surface backscattering strength* (SS). Nilai SS diperoleh dengan menggunakan persamaan yang menghubungkan *bottom volume backscattering coefficient* (Sv) dan *surface backscattering coefficient* (Ss) (Manik *et al.* 2006).



2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dimana, Φ = instantaneous equivalent beam angle for surface scattering

Ψ = equivalent beam angle for volume scattering

c = kecepatan suara (m/s)

τ = pulse length

Pada *peak bottom echo*, nilai integrasi $\Psi \approx \Phi$ sehingga persamaan (1) menjadi :

$$S_S = \frac{c\tau}{2} S_V \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

$$SS \text{ [dB]} = 10 * \log Ss \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

3.5.2 Analisis Clustering

Clustering adalah operasi analisis multidimensional yang terdiri dari pembagian parameter-parameter (deskriptor) dalam suatu penelitian (Legendre dan Legendre, 1998). *Clustering* dapat diartikan sebagai proses pengelompokan objek berdasarkan informasi yang diperoleh dari data yang menjelaskan hubungan antar objek dengan prinsip untuk memaksimalkan kesamaan antar anggota satu kelas dan meminimumkan kesamaan antar kelas/*cluster*.

Metode *clustering* yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *clustering* dengan pendekatan hirarki yang bertujuan untuk menentukan atau melihat tingkat kemiripan nilai *backscattering* di dalam dan antara jenis *lifeform* karang berdasarkan nilai E1 dan E2. Ukuran kemiripan yang digunakan adalah *Euclidean distance*, dimana obyek dengan jarak yang lebih pendek antara mereka akan lebih mirip satu sama lain dibandingkan dengan objek yang memiliki jarak yang lebih panjang. Metode *clustering* dengan pendekatan hirarki akan mengelompokkan data dengan membuat suatu hirarki berupa dendogram dimana data yang mirip akan ditempatkan pada hirarki yang berdekatan dan yang tidak pada hirarki yang berjauhan.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi *Lifeform* Karang Secara Visual

Karang memiliki variasi bentuk pertumbuhan koloni yang berkaitan dengan kondisi lingkungan perairan. Berdasarkan hasil identifikasi melalui penyelaman di lokasi penelitian ditemukan 11 bentuk pertumbuhan karang (*coral lifeform*) dengan ukuran yang bervariasi, yang meliputi bentuk pertumbuhan karang *non-acropora* dan karang *acropora*. Bentuk pertumbuhan karang *non-acropora* terdiri dari *coral branching* (CB), *coral massive* (CM), *coral encrusting* (CE), *coral foliose* (CF), *coral mushroom* (CMR), *coral submassive* (CS), dan *karang api* (CML), sedangkan karang *acropora* meliputi *acropora tabulate* (ACT), *acropora branching* (ACB), *acropora submassive* (ACS), dan *acropora digitate* (ACD) (Lampiran 4).

Berdasarkan hasil pengamatan, dari keseluruhan jenis bentuk pertumbuhan karang yang ditemukan, hanya 6 jenis yang dijadikan objek kajian untuk dikuantifikasi nilai akustiknya karena bentuk pertumbuhan karang tersebut memiliki luasan tutupan permukaan yang berkisar 1 – 2 m (Tabel 3). Enam (6) bentuk pertumbuhan tersebut meliputi *coral massive* (CM), *acropora tabulate* (ACT), *acropora branching* (ACB), *coral submassive* (CS), *coral foliose* (CF), dan *coral mushroom* (CMR), serta 2 substrat dasar selain karang yang meliputi pecahan karang (*rubble*) dan substrat pasir (Gambar 15).

Tabel 3 Hasil pengukuran dimensi bentuk pertumbuhan karang yang diamati

No	<i>Lifeform</i> karang	Dimensi karang (m)			
		Tinggi	Panjang	Lebar	Keliling
1	<i>Coral massive</i>	1,45	1,48	1,22	5,21
2	<i>Acropora tabulate</i>	0,20	3,71	2,20	10,05
3	<i>Acropora branching</i>	0,55	2,16	1,91	6,84
4	<i>Coral submassive</i>	0,24	0,58	0,23	0,81
5	<i>Coral mushroom</i>	0,11	0,80	0,75	2,51
6	<i>Coral foliose</i>	1,00	2,00	1,55	5,30

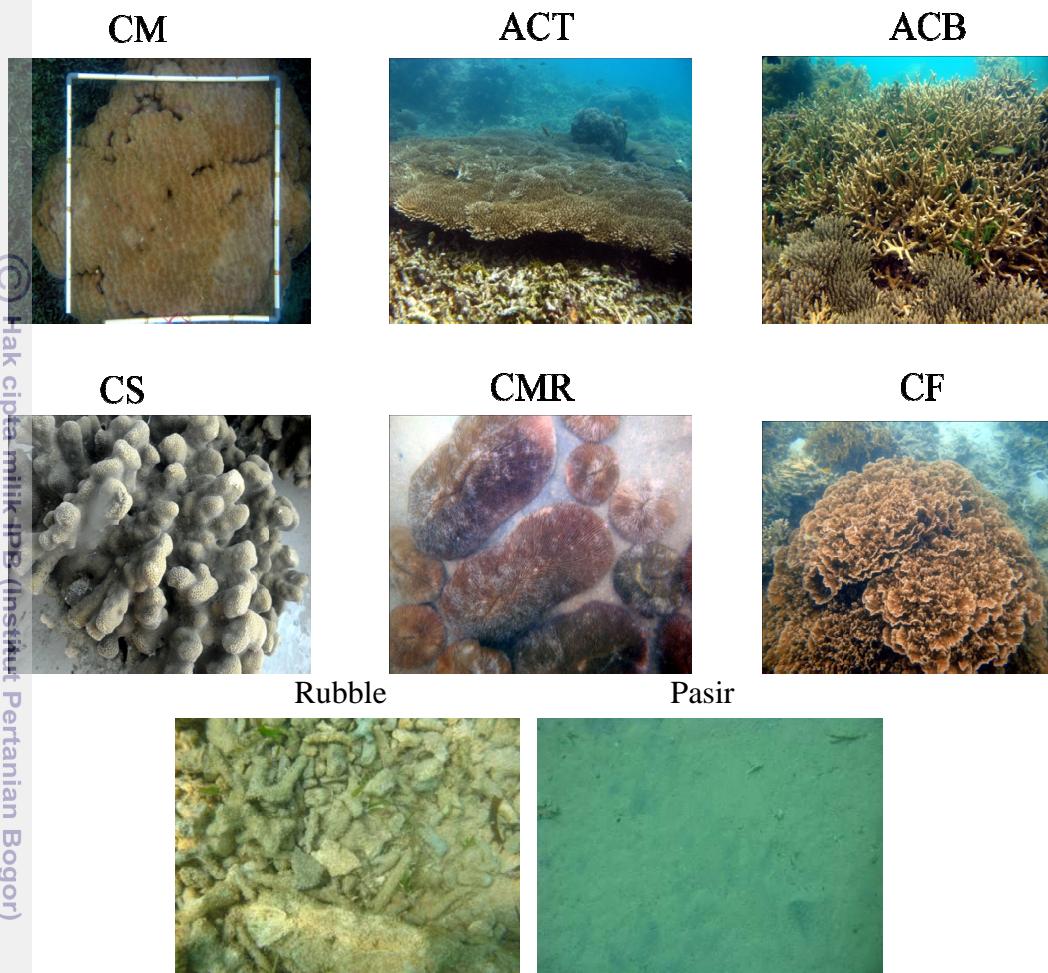
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

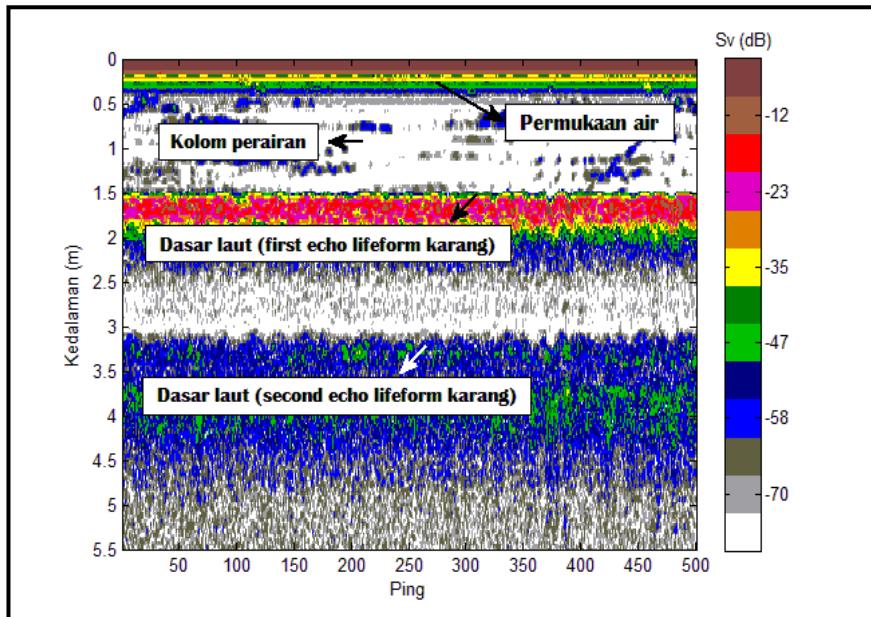


Gambar 15 Bentuk pertumbuhan karang yang diamati.

4.2 Data Akustik dan Penentuan Kedalaman *Lifeform* Karang

Hasil rekaman data akustik umumnya ditampilkan dalam bentuk *echogram* yang mengandung informasi mengenai karakteristik dari objek/target yang terdeteksi. Dalam sistem akustik *echogram* merupakan penampang melintang hasil rekaman jejak-jejak dari target yang terdeteksi dengan sistem akustik, dimana sumbu *x* merupakan jumlah *ping* dan sumbu *y* merupakan waktu perjalanan pulsa yang dikonversi menjadi kedalaman (m) (Gambar 16). Intensitas dari tiap variabel dinotasikan sebagai warna pada tiap *pixel*. Skala warna (*colour scale*) menunjukkan sebaran nilai *acoustic backscattering strength* yang terkandung dalam *echogram* yang diperoleh dari *raw data* yang terekam dengan instrumen akustik. Keseluruhan *echogram* dari bentuk pertumbuhan karang dan substrat dasar yang diamati diperlihatkan pada Lampiran 5.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 16 Tampilan *echogram lifeform karang*.

Setiap pulsa akustik yang kembali (*echo*) mengandung berbagai informasi mengenai proses-proses fisik yang terjadi saat pulsa tersebut dirambatkan pada suatu medium. Pola yang didapatkan dari tiap *ping* dapat memberikan ruang analisa yang lebih baik, dimana dapat memberikan informasi menyangkut bentuk puncak dari gema (*echo*) pertama dan kedua yang merupakan penjabaran dari nilai SS dan SV dan kedalaman dari objek.

Gambar 17 menunjukkan pola perambatan pulsa akustik dalam SV dan SS yang diolah dengan megikuti *listing* program dari Rick Towler, NOAA-Alaska menggunakan perangkat lunak Matlab. Pola perambatan tersebut menunjukkan adanya dua lapisan dari *echo* dasar perairan yang menggambarkan nilai *backscattering strength* dari masing-masing *peak echo*, dimana *peak* pertama merupakan *echo* yang berasal dari *noise* permukaan yang disebabkan proses transmisi sinyal akustik, dengung dari transduser dan gangguan lainnya seperti angin ataupun gelembung (*bubble*). *Peak* kedua merupakan gema yang berasal dari dasar perairan yang langsung diterima *transducer*, sedangkan *peak* ketiga dan seterusnya merupakan gema yang berasal dari dasar perairan kemudian kembali ke *transducer* tetapi dipantulkan oleh permukaan perairan atau kapal dan kembali ke dasar perairan dan kemudian kembali lagi ke *transducer* (Penrose *et al.* 2005).

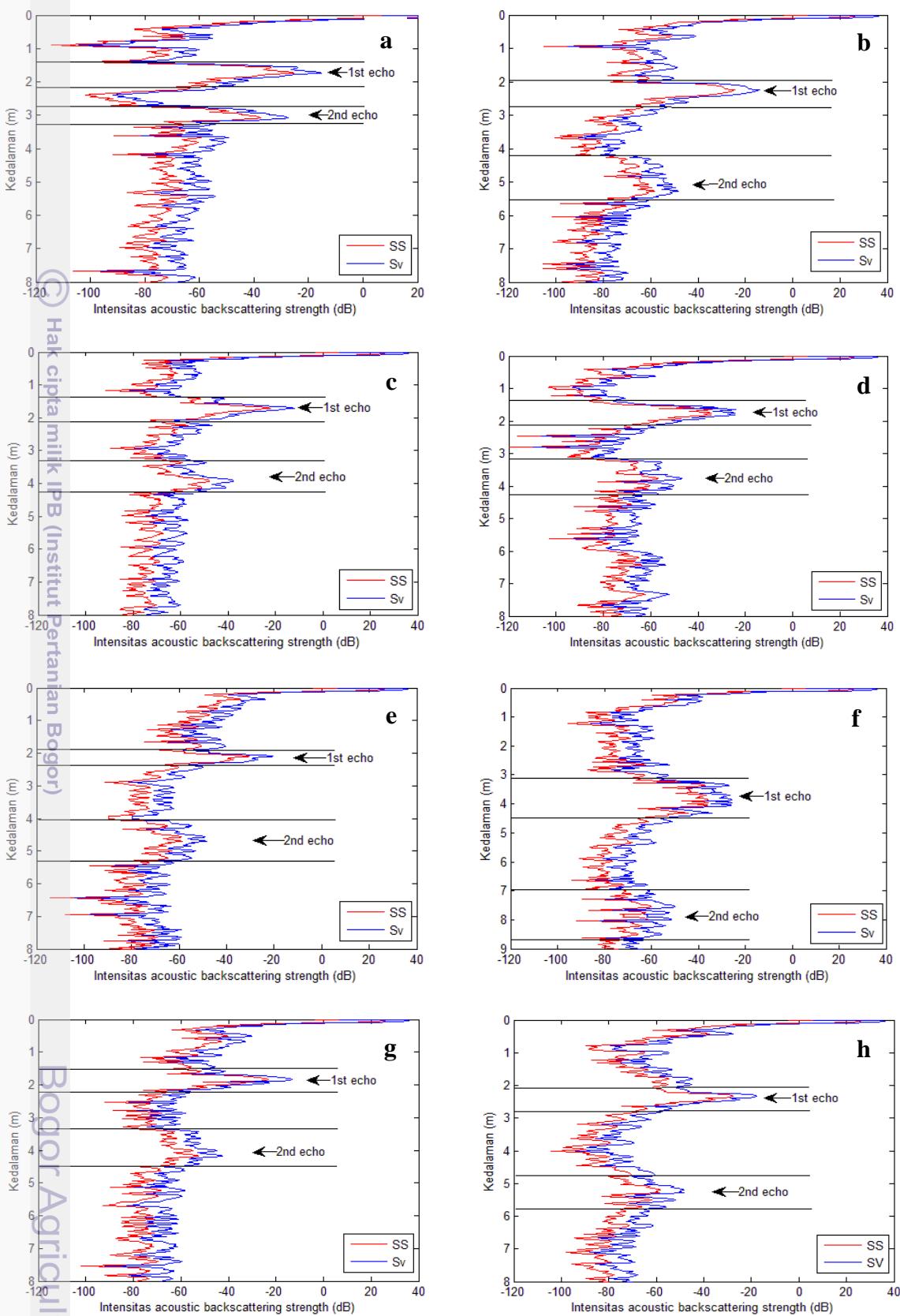
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 17 Pola SS dan SV bentuk pertumbuhan karang;
a). CM; b). ACT; c).ACB; d). CS; e). CMR; f). CF; g). Rubble; h). Pasir.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 4 Nilai Intensitas rata-rata SV dan SS dari beberapa *lifeform* karang yang diolah berdasarkan *listing* program Rick Towler

No	<i>Lifeform</i> karang	Intensitas SV (dB)		Intensitas SS (dB)
		E1	E2	
1	<i>Coral Massive</i>	-13,97	-37,53*	-24,04
2	<i>Acropora Tabulate</i>	-15,58	-50,32	-25,65
3	<i>Acropora Branching</i>	-16,96	-44,68	-27,03
4	<i>Coral Submassive</i>	-16,90	-47,47	-26,96
5	<i>Coral Mushroom</i>	-12,17*	-40,46	-22,24*
6	<i>Coral Foliose</i>	-17,32	-47,83	-27,39
7	<i>Rubble</i>	-13,10	-39,75	-23,17
8	<i>Pasir</i>	-12,61	-41,06	-22,67

Keterangan : * Nilai tertinggi

Gambar 17 juga dapat memberikan informasi menyangkut kedalaman dari objek/target yang terdeteksi oleh instrumen akustik. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa kedalaman dari setiap bentuk pertumbuhan yang diamati dimana berada pada kedalaman antara 2 – 4 m (Tabel 5). Nilai kedalaman ini diperoleh dengan mengrata-ratakan nilai kedalaman pada puncak tertinggi dari pola perambatan pulsa akustik yang terukur oleh transduser (dibawah transduser). Nilai kedalaman yang terukur saat perekaman data akustik dilakukan ditambahkan dengan kedalaman transduser (0,5 m).

Tabel 4 menunjukkan nilai intensitas SV dan SS yang dihasilkan oleh beberapa *lifeform* karang dan substrat pecahan karang serta substrat pasir. Pada pantulan pertama (E1), nilai SV tertinggi diberikan oleh *Coral Mushroom* (CMR) dan terendah dari *Coral Foliose* (CF). Untuk E2 nilai tertinggi diberikan oleh *Coral Massive* (CM) dan terendah berasal dari *Acropora Tabulate* (ACT). Nilai intensitas *surface backscattering strength* (SS) cenderung mengikuti pola dari nilai SV, dimana nilai tertinggi juga ditunjukkan oleh CMR sedangkan terendah diberikan pada CF. Hal ini mengindikasikan bahwa CMR tergolong lebih kasar sedangkan CM tergolong bentuk pertumbuhan karang yang lebih keras dari beberapa jenis lainnya.

Tabel 5 Posisi dan kedalaman dari bentuk pertumbuhan karang yang diamati

No	Posisi		Kategori Lifeform	Kode	Depth (m)
	Lintang (S)	Bujur (T)			
1	5°43'27,60"	106°36'46,98"	<i>Coral massive</i>	CM	2,24
2	5°43'27,54"	106°36'46,92"	<i>Acropora tabulate</i>	ACT	2,79
3	5°43'37,26"	106°36'26,64"	<i>Acropora Branching</i>	ACB	2,21
4	5°43'48,18"	106°34'20,16"	<i>Coral submassive</i>	CS	2,20
5	5°44'23,28"	106°35'57,24"	<i>Coral mushroom</i>	CMR	2,56
6	5°44'51,54"	106°35'44,64"	<i>Coral Foliose</i>	CF	4,20
7	5°44'44,76"	106°35'44,76"	<i>Rubble</i>	Rb	2,30
8	5°44'23,34"	106°35'57,18"	<i>Substrat pasir</i>	SP	2,77

4.3 Normalisasi Energi dan Bentuk *Echo Lifeform* Karang

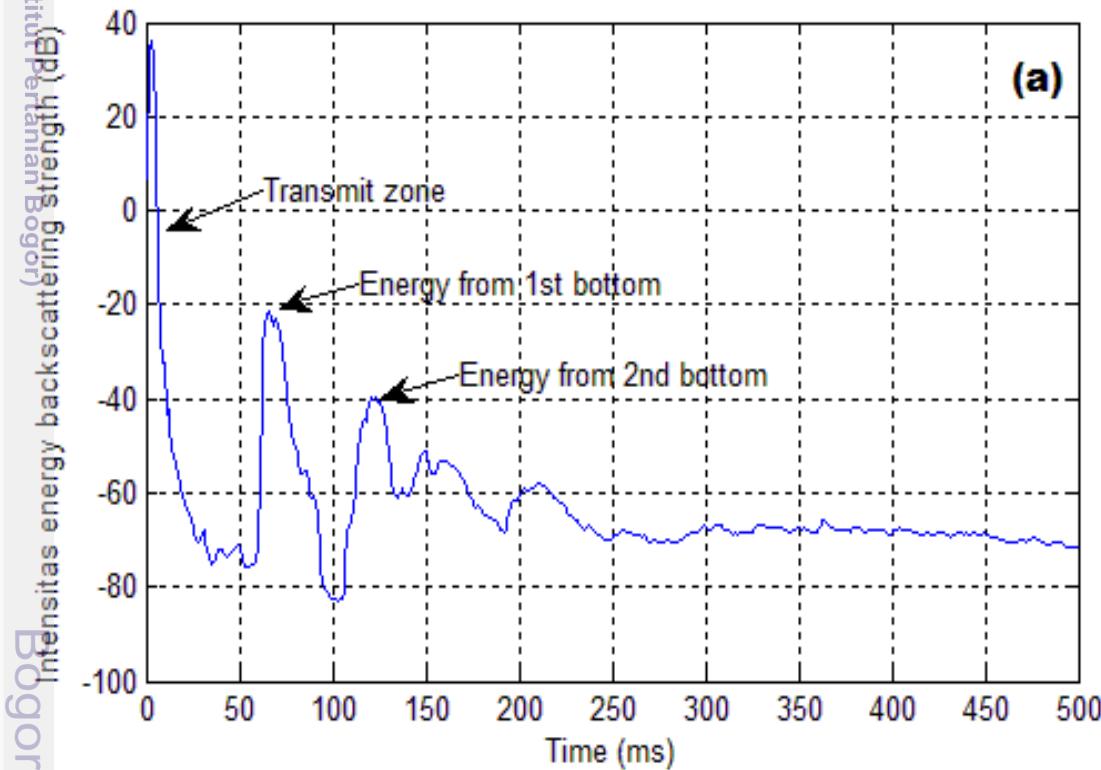
Dasar perairan memiliki karakteristik memantulkan dan menghamburkan kembali gelombang suara dari sinyal akustik seperti halnya permukaan perairan laut. Efek yang dihasilkan lebih kompleks karena sifat dasar laut yang tersusun atas beragam unsur mulai dari bebatuan yang keras hingga lempung yang halus serta lapisan-lapisan yang memiliki komposisi yang berbeda-beda (Urick, 1983).

Tingkat energi dasar perairan dapat digambarkan berdasarkan intensitas gema (*echo*) yang berasal dari dasar perairan termasuk permukaan karang dalam memberikan respon terhadap sinyal akustik yang mengenainya. Dasar perairan yang keras akan menghasilkan intensitas gema dengan bentuk yang tajam berupa nilai amplitudo yang tinggi, sementara bagian dasar perairan yang lunak akan menghasilkan gema yang lemah yang ditandai dengan rendahnya nilai respon amplitudo yang dihasilkan (Hamilton, 2001).

Gambar 18 - 25 menunjukkan kurva energi (*echo envelope*) untuk melihat tingkat intensitas energi dari beberapa jenis bentuk pertumbuhan karang dan tipe substrat pecahan karang dan substrat pasir yang diamati. Berdasarkan kurva energi tersebut, dapat dilihat bahwa baik bentuk pertumbuhan karang maupun tipe substrat lainnya memperlihatkan bentuk gema yang berbeda. Perbedaan bentuk gema (*echo*) yang dihasilkan berupa bentuk puncak, banyaknya puncak yang terbentuk dan panjang penjalaran dari sinyal (dalam waktu). Berdasarkan gambar

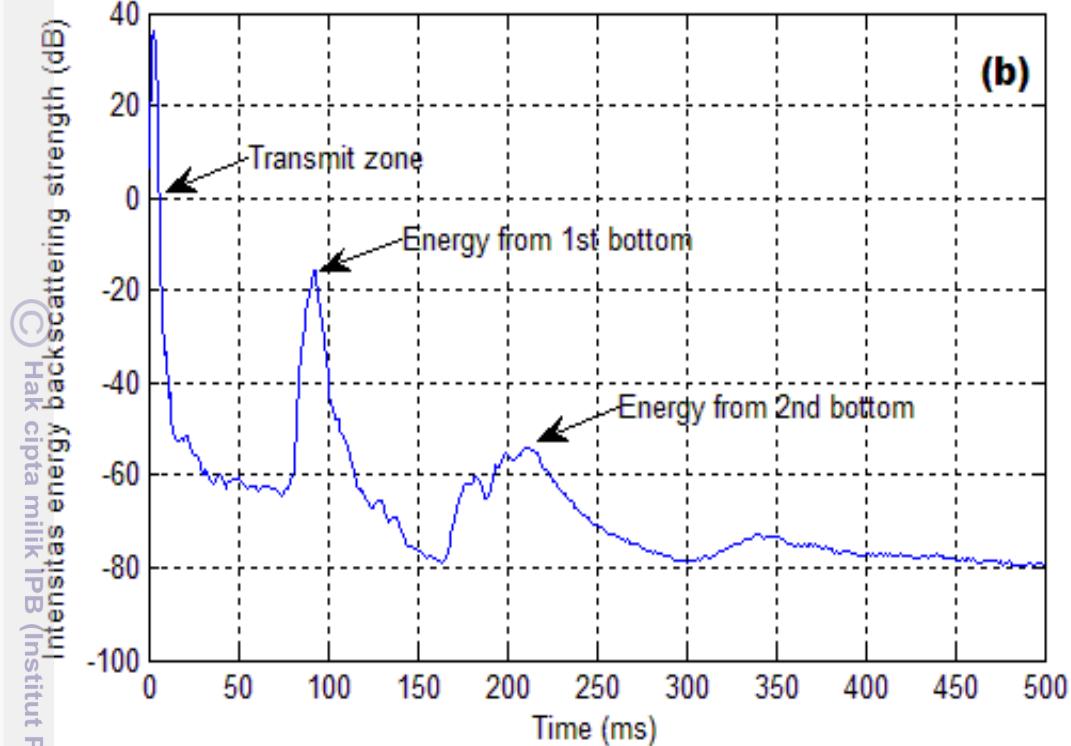
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

tersebut dapat dilihat bahwa CM dan CMR (Gambar 18 dan 22) menghasilkan gema dengan jumlah puncak yang lebih banyak serta bentuk yang lebih tajam dan cenderung lebih tinggi pada setiap puncaknya dari jenis lainnya. Dalam hal panjang penjalaran pulsa (Tabel 6), juga menunjukkan bahwa CM lebih cepat dalam memberikan respon/pantulan. Hal ini mengindikasikan bahwa CM dan CMR dapat digolongkan sebagai bentuk pertumbuhan karang dengan bentuk permukaan yang lebih keras dibandingkan dengan bentuk pertumbuhan karang lainnya yang memiliki puncak yang lebih rendah dan lebar. Kuatnya intensitas gema (*echo*) pada kedua bentuk pertumbuhan karang ini dapat dijelaskan karena CM dan CMR memiliki permukaan dengan bentuk yang lebih padat dan keras (English *et al.* 1994), sehingga respon *backscattering* yang dihasilkan akan lebih kuat dari bentuk pertumbuhan lainnya (ACT, CS, CF, dan ACB).

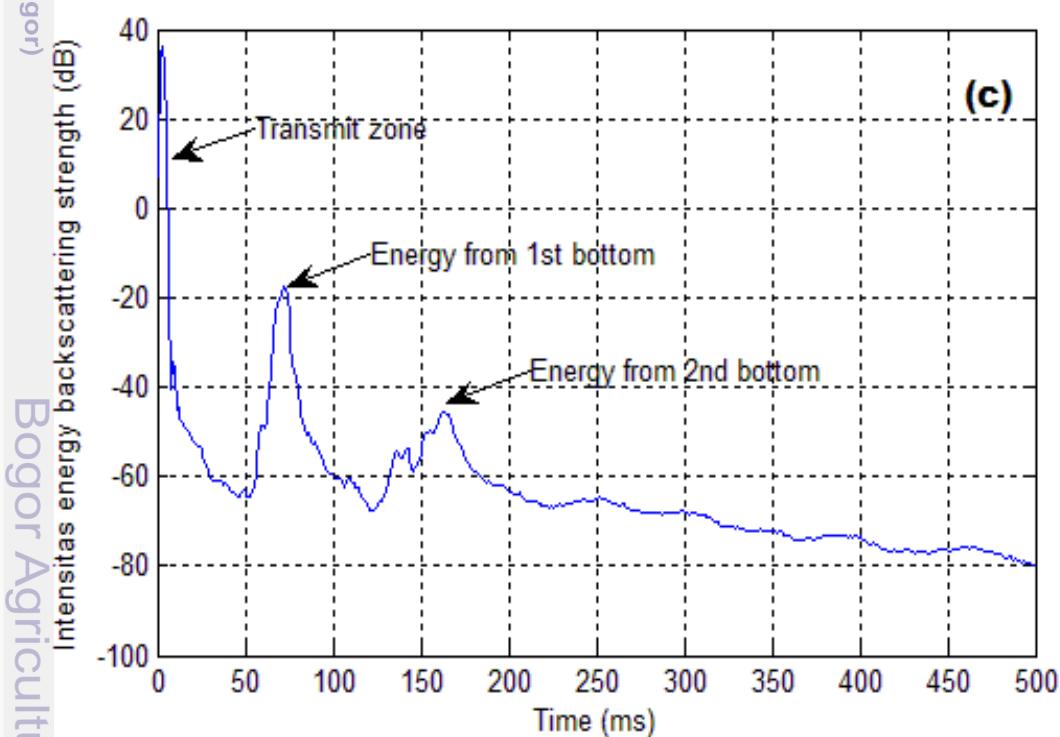


Gambar 18 *Echo envelope* dari *lifeform* karang *Coral Massive*.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



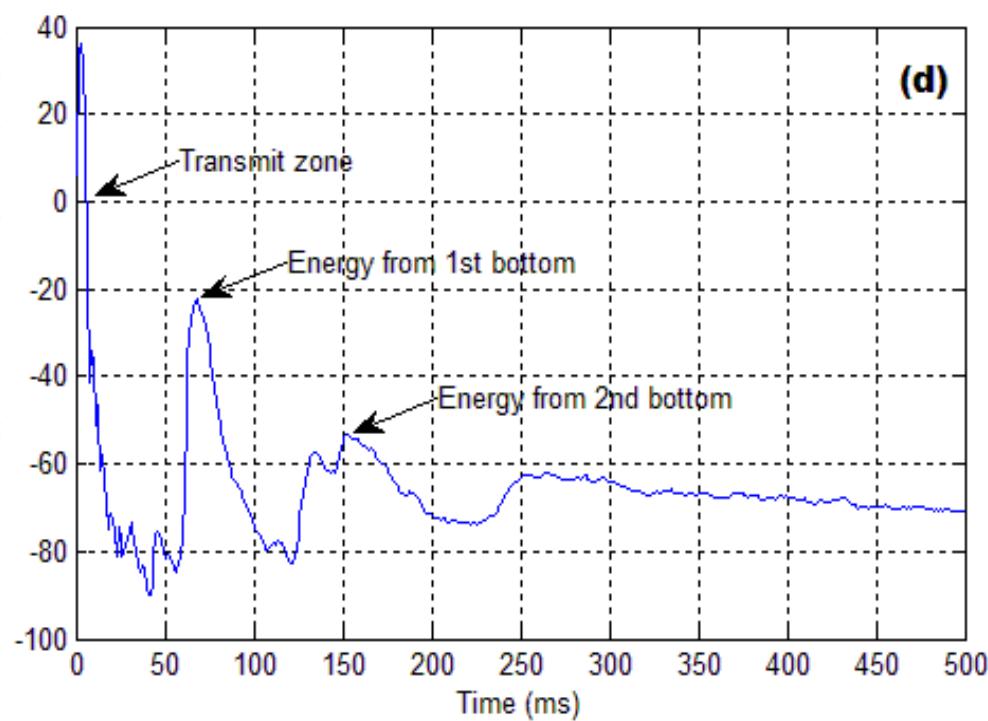
Gambar 19 *Echo envelope* dari lifeform karang *Acropora Tabulate*.



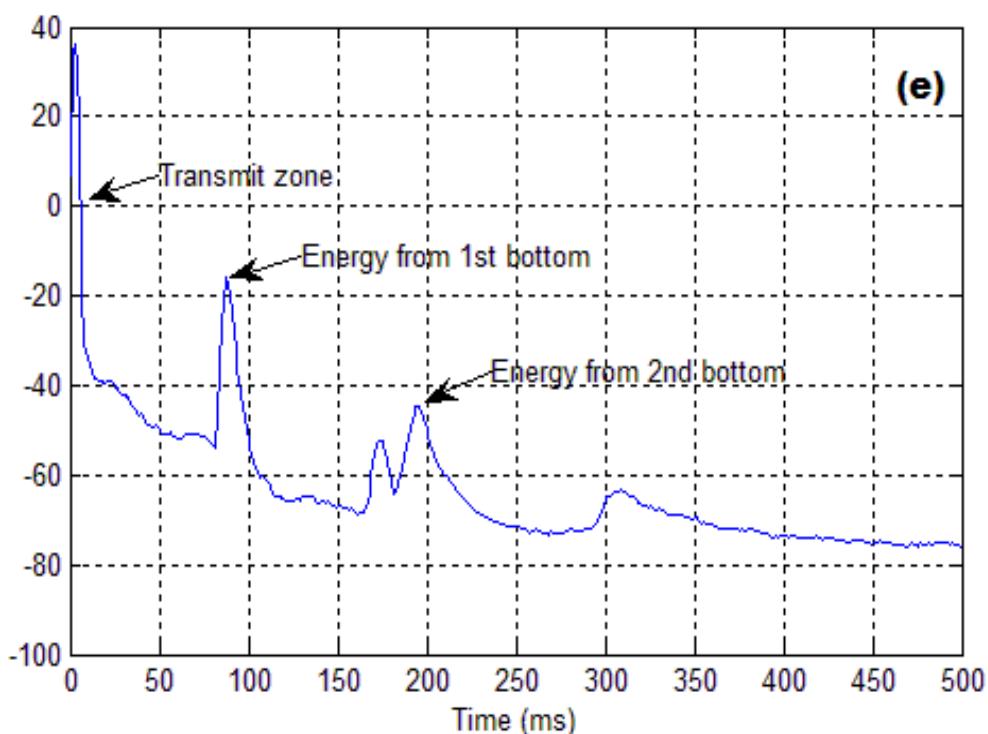
Gambar 20 *Echo envelope* dari lifeform karang *Acropora Branching*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



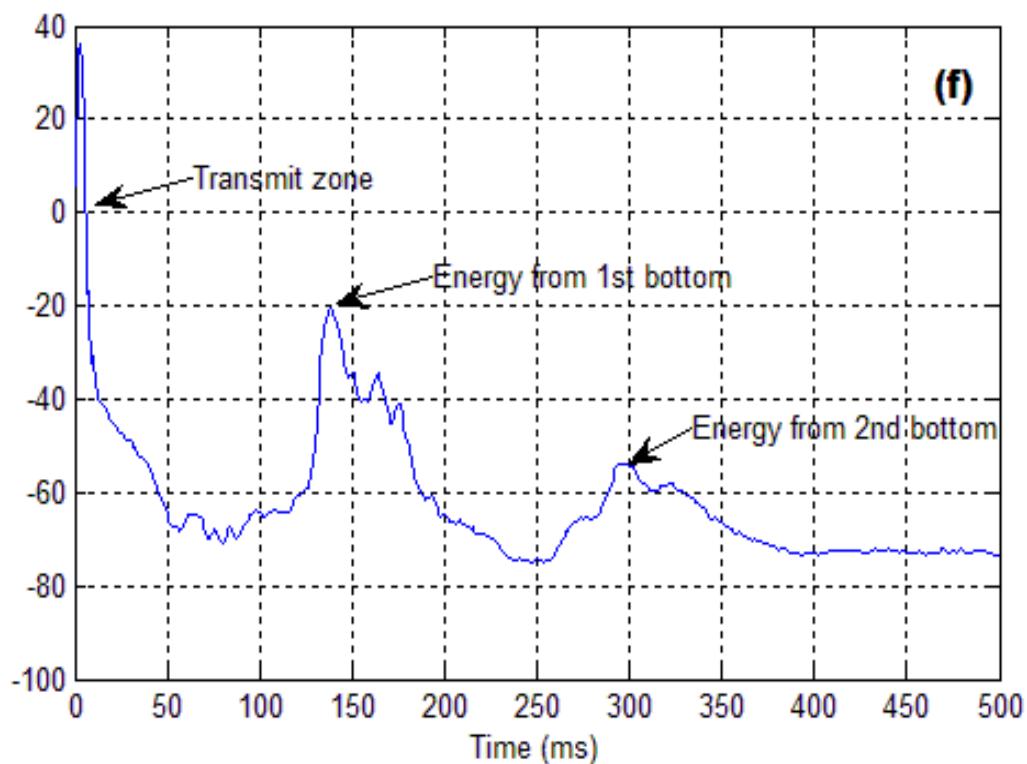
Gambar 21 Echo envelope dari lifeform karang *Coral Submassive*.



Gambar 22 Echo envelope dari lifeform karang *Coral Mushroom*.

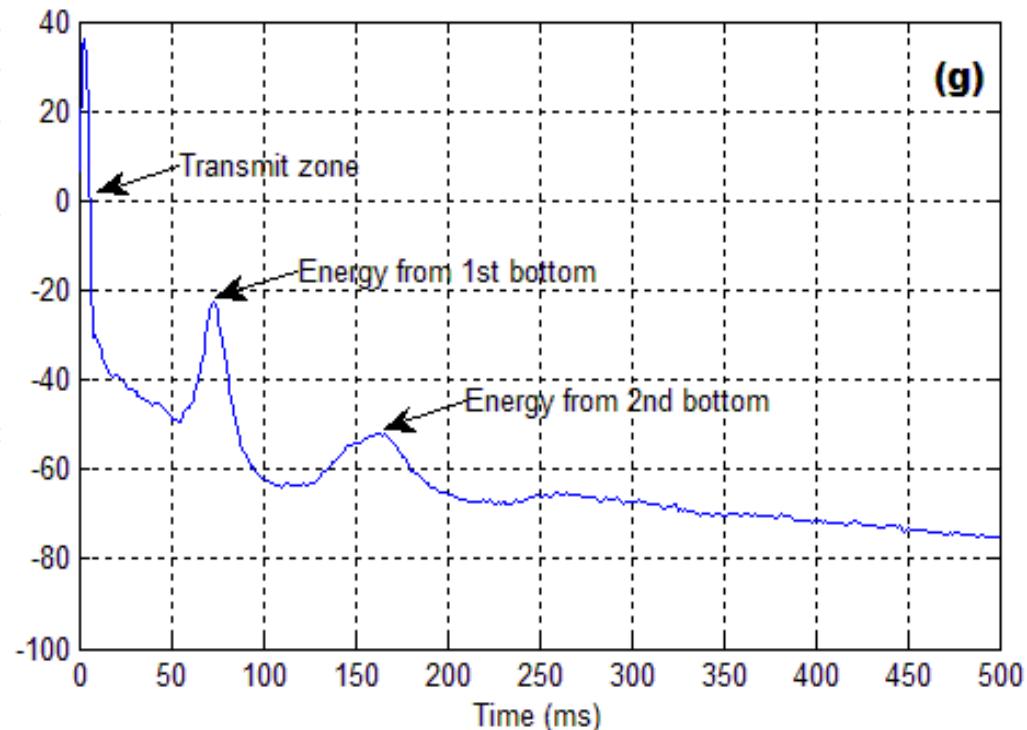
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

(d) Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

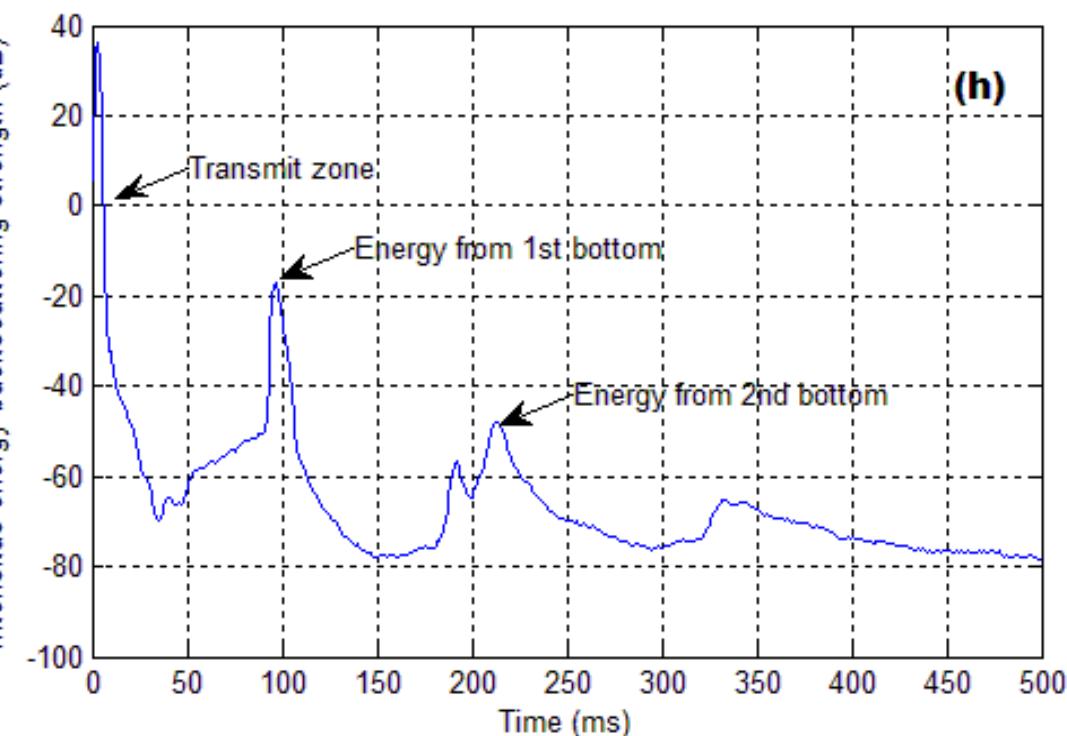


Gambar 23 *Echo envelope* dari *lifeform* karang *Coral Foliose*.

Bogor Agricultural University



Gambar 24 *Echo envelope* dari substrat pecahan karang (*rubble*).



Gambar 25 *Echo envelope* dari substrat pasir.

Berdasarkan kurva energi di atas, dapat dilihat juga bahwa bentuk pertumbuhan ACT (Gambar 19), ACB (Gambar 20) dan substrat pasir (Gambar 25) memiliki intensitas yang lebih tinggi dari CM pada puncak pertama. Namun demikian, pada puncak kedua yang mengindikasikan tingkat kekerasan dasar, bentuk pertumbuhan ACT dan ACB serta substrat pasir menunjukkan intensitas yang lebih rendah sehingga digolongkan lebih lunak dari CM dan CMR. Tingginya intensitas yang ditunjukan pada puncak pertama yang dihasilkan oleh ACT, ACB dan substrat pasir diduga karena bentuk permukaannya yang lebih datar dari CM (berbentuk bola), sedangkan rendahnya intensitas pada puncak kedua lebih disebabkan oleh bentuk dari ACT dan ACB yang bercabang dan agak tipe sehingga memungkinkan penetrasi pulsa suara masuk lebih dalam yang akan melemahkan pantulan yang kembali. Substrat pasir yang secara umum dipahami merupakan jenis substrat yang lebih lunak dari karang, cenderung menyerap gelombang suara yang ditransmisikan sehingga *echo* yang kembali akan mengalami pelembahan.

Penrose *et al.* (2005) menyatakan bahwa panjang ekor dan energi dari penjalaran sinyal mampu mengukur secara langsung tingkat kekasaran akustik permukaan dasar sedimen. Akuisisi dan klasifikasi *echo envelope* memungkinkan tipe dasar untuk disimpulkan dari karakteristik energi dan/ atau bentuk gema yang dihasilkan. Tabel 6 menunjukkan hasil kuantifikasi waktu penjalaran sinyal dan intensitas *volume backscattering strength (SV)* dari beberapa *lifeform* karang dan substrat dasar perairan selain karang berdasarkan kurva *echo envelope*.

Tabel 6 Kuantifikasi bentuk *echo envelope* dari beberapa *lifeform* karang dan tipe substrat pasir dan pecahan karang (*rubble*)

No	Lifeform	Waktu (ms)		Intensitas (dB)	
		E1	E2	E1	E2
1	<i>Coral Massive</i> (CM)	35,71	21,43*	-21,05	-40,00*
2	<i>Acropora Tabulate</i> (ACT)	45,24	129,76	-15,90	-53,16
3	<i>Acropora Branching</i> (ACB)	64,29	83,33	-17,27	-45,64
4	<i>Coral Submassive</i> (CS)	61,90	84,52	-22,05	-52,82
5	<i>Coral Mushroom</i> (CMR)	19,05*	64,29	-15,22*	-44,62
6	<i>Coral Foliose</i> (CF)	113,10	132,14	-20,00	-53,85
7	<i>Pecahan karang (Rubble)</i>	29,76	61,90	-22,63	-51,58
8	<i>Substrat Pasir</i>	20,24	120,24	-17,00	-47,50

Keterangan : * Nilai tertinggi

Berdasarkan Tabel 6, diperoleh informasi bahwa pada puncak (*peak*) pertama CMR membutuhkan waktu penjalaran sinyal akustik yang lebih cepat yang diikuti oleh substrat pasir, pecahan karang, dan CM, sedangkan waktu penjalaran sinyal paling lama ditunjukkan oleh CF. Selanjutnya pada puncak kedua, CM menunjukkan waktu penjalaran sinyal yang lebih pendek/cepat diikuti oleh CMR, sedangkan yang lebih panjang diperlihatkan oleh CF yang diikuti oleh ACT dan substrat pasir. Hal ini menginformasikan bahwa CM dan CMR merupakan bentuk pertumbuhan karang yang dapat dikategorikan keras sehubungan dengan cepatnya respon yang diberikan ketika gelombang suara mengenainya, dibandingkan dengan jenis *lifeform* lainnya serta substrat pasir dan pecahan karang. Hal ini ditunjukkan pula oleh tingginya nilai intensitas SV (dB) yang diberikan oleh CMR pada E1 dan CM pada E2.

Lebih jauh Caughey *et al.* (1994); Caughey dan Kirlin, (1996) menyatakan tingkat energi dasar perairan dapat digambarkan berdasarkan hubungan antara intensitas *echo* dasar perairan terhadap kedalaman dalam memberikan respon

terhadap sinyal akustik yang mengenai dasar perairan. Bentuk dan kekuatan sinyal yang kembali dapat berubah secara signifikan dengan kedalaman, meskipun jenis dasar tetap sama. Pengembalian untuk tipe dasar tertentu pada dasar perairan yang lebih dalam akan melebar pada sumbu waktu, dan sebaliknya akan menyempit pada dasar perairan yang lebih dangkal, sehingga pengembalian sinyal akustik dari jenis sedimen dasar yang sama pada kedalaman yang berbeda akan memiliki bentuk yang tidak sama. Berdasarkan uraian tersebut maka lamanya waktu penjalaran sinyal yang diperlihatkan oleh substrat pasir, CF, dan ACB dalam memberikan respon dapat dijelaskan karena berada pada kedalaman yang lebih dalam (Tabel 5).

4.4 Komputasi Acoustic Backscattering Strength (SV dan SS) Lifeform Karang

Kuantifikasi nilai *volume backscattering strength (SV)* dari beberapa bentuk pertumbuhan karang dan dasar perairan lainnya yang terekam dalam *echogram* dilakukan dengan mengintegrasikan gema (*echo*) yang dihasilkan dari setiap bentuk pertumbuhan karang. Hasil integrasi kemudian dirata-ratakan sehingga menghasilkan suatu data yang dianggap sebagai nilai hambur balik dari *lifeform* karang. Tabel 7 menunjukkan hasil komputasi yang diperoleh dari 6 jenis *lifeform* karang dan 2 tipe substrat dasar (pecahan karang dan pasir), yang selanjutnya diilustrasikan dalam Gambar 26 untuk melihat grafik sebaran nilai SV.

Tabel 7 Nilai *volume backscattering strength (SV)* *lifeform* karang dan tipe dasar perairan selain karang

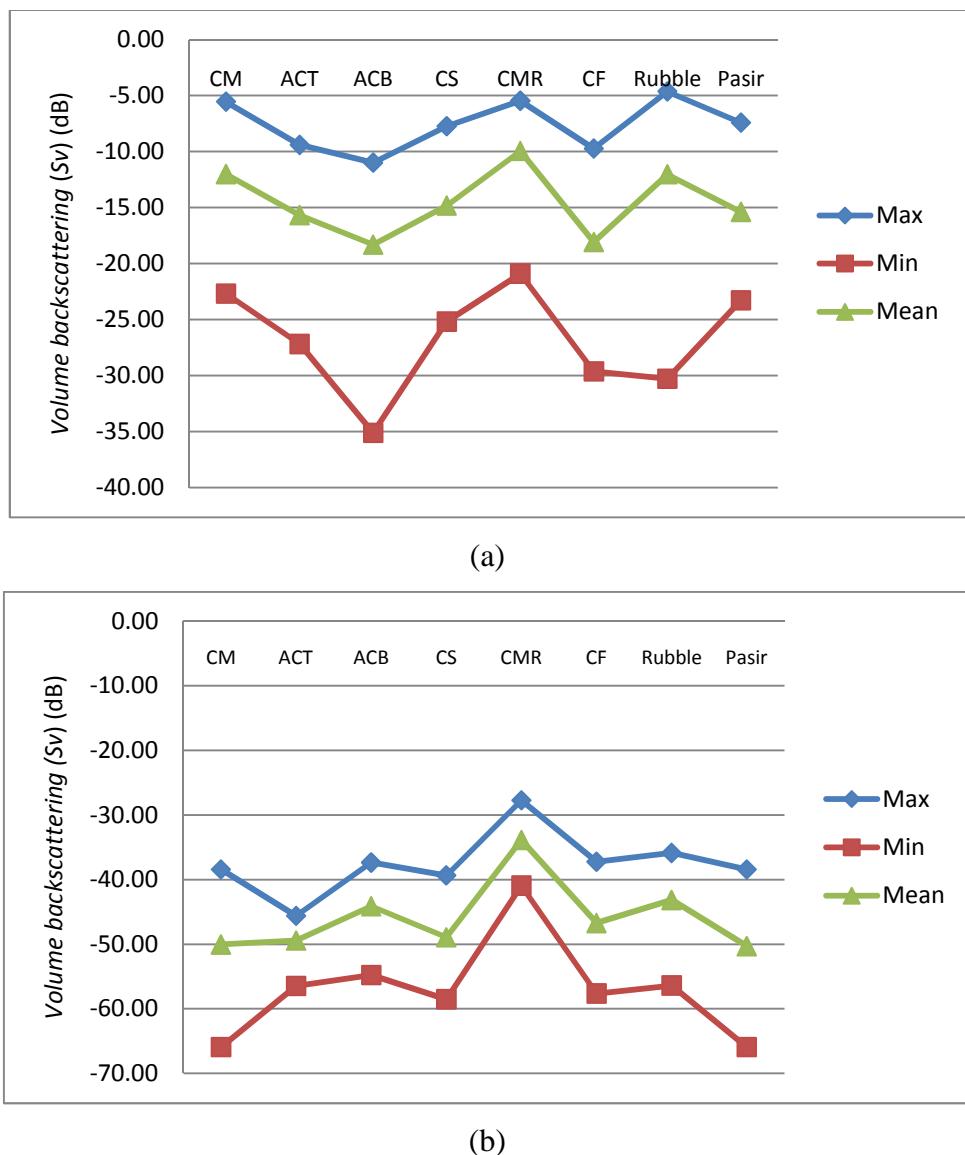
Lifeform karang	Volume backscattering strength (SV) (dB)							
	E1				E2			
	Max	Min	Mean	STD	Max	Min	Mean	STD
<i>Coral massive</i>	-5,54	-31,57	-12,38	5,24	-17,79	-60,80	-31,81*	5,10
<i>Acropora tabulate</i>	-9,40	-27,18	-15,82	3,68	-45,36	-56,46	-49,42	2,05
<i>Acropora branching</i>	-10,98	-35,11	-18,10	4,08	-37,36	-54,79	-43,91	3,62
<i>Coral submassive</i>	-7,74	-25,17	-14,94	3,61	-39,34	-58,52	-48,75	3,44
<i>Coral mushroom</i>	-5,46	-20,89	-10,09 *	2,50	-27,74	-41,96	-34,03	2,10
<i>Coral foliose</i>	-9,72	-29,62	-18,06	3,75	-37,23	-57,63	-46,68	4,42
<i>Rubble</i>	-4,63	-30,27	-12,03	4,32	-35,87	-56,39	-43,14	3,21
Pasir	-5,46	-18,34	-10,25	2,34	-40,79	-55,05	-46,46	2,61

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 26 Grafik sebaran nilai SV (dB); a. E1, b. E2.

Tabel 7 menunjukkan bahwa pada pantulan pertama (E1) nilai SV yang diperoleh dari bentuk pertumbuhan (*lifeform*) karang bervariasi antara -18,10 dB sampai -10,09 dB, dengan nilai tertinggi diberikan oleh CMR dan CM, sedangkan nilai terendah didapatkan pada ACB dan CF, sedangkan pada pantulan kedua (E2), nilai SV yang diperoleh berkisar antara -49,42 dB sampai -31,81 dB, dengan nilai tertinggi diberikan oleh CM yang diikuti oleh CMR, sedangkan nilai terendah diberikan oleh ACT dan CS. Hal ini mengindikasikan bahwa CM dan CMR merupakan bentuk pertumbuhan karang yang lebih keras dibandingkan dengan bentuk pertumbuhan lainnya. Kuatnya respon akustik yang diberikan oleh CM dan CMR yang ditunjukan dengan tingginya nilai hambur balik yang

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

diperoleh dapat dijelaskan sejalan dengan uraian English *et al.* (1994) bahwa CM dan CMR memiliki bentuk dan komposisi yang lebih padat dan keras dari bentuk pertumbuhan lainnya. Kedua substrat dasar lainnya, pasir memiliki nilai SV yang memiliki kemiripan dengan CMR, sedangkan substrat pecahan karang (Rb) memiliki nilai yang hampir sama dengan CM pada pantulan pertama (E1). Meskipun demikian, pada pantulan kedua (E2) substrat pasir dan pecahan karang menunjukkan nilai yang jauh lebih rendah dengan CM dan CMR.

Hasil kuantifikasi nilai *volume backscattering strength* (SV) yang diperoleh melalui integrasi *echo* dengan menggunakan perangkat lunak *Echoview* menunjukkan kecenderungan nilai (*trend*) yang sama dengan pengolahan (*post processing*) dengan perangkat lunak Matlab, dimana nilai E1 terbesar diperoleh pada bentuk pertumbuhan CMR dan E2 terbesar diperoleh pada CM. Meskipun demikian, besaran nilai yang diperoleh cenderung berbeda. Adanya perbedaan nilai yang diperoleh ini diduga disebabkan karena masing-masing program ini memiliki algoritma yang berbeda sehingga akan memberikan nilai yang berbeda pula.

Selain nilai SV, dalam penelitian ini juga menghitung nilai *surface backscattering strength* dari bentuk pertumbuhan karang (Tabel 8). Nilai SV yang diperoleh dikomputasikan lebih lanjut untuk memperoleh nilai SS dengan menggunakan persamaan yang menghubungkan *bottom volume backscattering strength* (SV) dan *surface backscattering strength* (SS) (Manik *et al.* 2006).

Tabel 8 Nilai *surface backscattering strength* (SS) *lifeform* karang dan tipe dasar perairan selain karang

<i>Lifeform</i>	<i>Surface backscattering strength</i> (SS, dB)			
	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Mean</i>	<i>STD</i>
<i>Coral massive</i>	-15,61	-41,63	-22,44	±5,24
<i>Acropora tabulate</i>	-19,47	-37,24	-25,88	±3,68
<i>Acropora branching</i>	-21,05	-45,18	-28,17	±4,08
<i>Coral submassive</i>	-17,80	-35,24	-25,01	±3,61
<i>Coral mushroom</i>	-15,53	-30,96	-20,16*	±2,50
<i>Coral foliose</i>	-19,79	-39,69	-28,13	±3,75
<i>Rubble</i>	-14,70	-40,34	-22,10	±4,32
Pasir	-15,53	-28,41	-20,32	±2,34

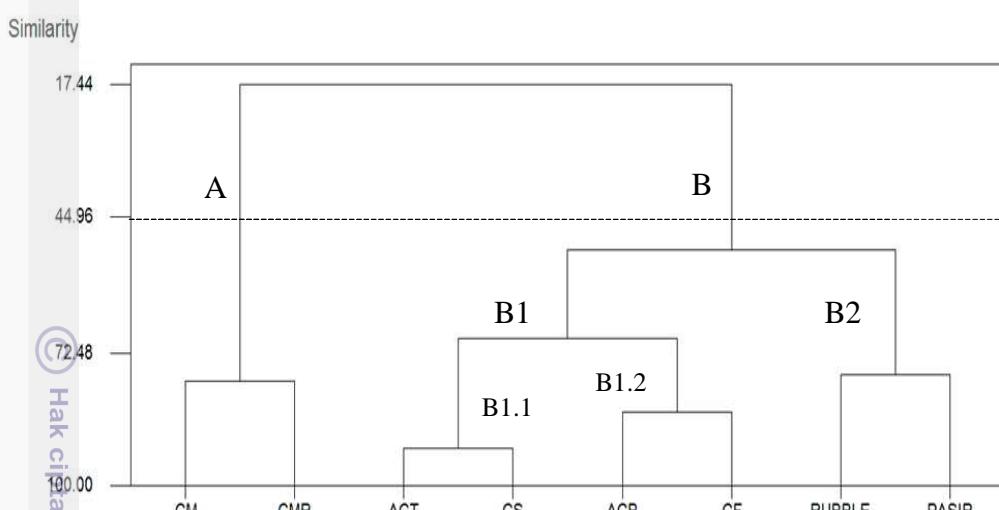
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai *SS* tertinggi ditemukan pada *lifeform* CMR dengan nilai -20,16 dB, dengan nilai yang tidak berbeda jauh dengan nilai *SS* dari substrat pasir (-20,32 dB). Nilai *SS* terendah diberikan oleh *lifeform* CF dan ACB dengan nilai masing-masing -28,14 dB dan -28,17 dB. CM memiliki nilai *SS* yang mirip dengan pecahan karang dengan nilai -22,44 dB dan -22,10 dB sedangkan CS memiliki nilai yang tidak berbeda jauh dengan ACT (-25,01 dB dan -25,88 dB). Nilai *SS* yang diperoleh cenderung mengikuti nilai *SV* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 16 yang menggambarkan pola puncak perambatan pulsa akustik yang diukur dalam *SS* dan *SV*.

4.5 Analisis Pengelompokan (*Clustering Analysis*)

Analisis *cluster* merupakan teknik multivariat yang mempunyai tujuan utama untuk mengelompokkan objek-objek berdasarkan karakteristik yang dimilikinya dan untuk menyajikannya dalam bentuk grafik (Santoso, 2002). Analisis *cluster* mengklasifikasi objek sehingga setiap objek yang paling dekat kesamaannya dengan objek lain berada dalam *cluster* yang sama. *Cluster* yang terbentuk merefleksikan struktur yang melekat pada data seperti yang didefinisikan oleh variabel-variabel. Variabel-variabel yang dipilih hanyalah variabel yang dapat mencirikan objek yang akan dikelompokkan dan secara spesifik harus sesuai dengan tujuan analisis *cluster*.

Analisis pengelompokan (*clustering*) bentuk pertumbuhan karang dalam penelitian ini didasarkan pada kemiripan nilai E1 dan E2. Dari hasil pengelompokan diperoleh 2 (dua) *cluster* utama (A dan B) yang mewakili bentuk pertumbuhan karang dan jenis substrat dasar lainnya (Gambar 27). Kelompok A terdiri atas *Coral massive* (CM) dan *Coral mushroom* (CMR) dengan tingkat kemiripan 78,53%, sedangkan pada kelompok B meliputi 2 sub kelompok yaitu B1 dan B2. Sub kelompok B1 terdiri atas dua (2) sub kelompok lagi yaitu B1.1 (ACT dan CS) dengan tingkat kemiripan 92,32% dan B1.2 (ACB dan CF) dengan tingkat kemiripan 84,83%, sedangkan sub kelompok B2 adalah substrat dasar lainnya (*rubble* dan pasir) dengan tingkat kemiripan 77,18%.



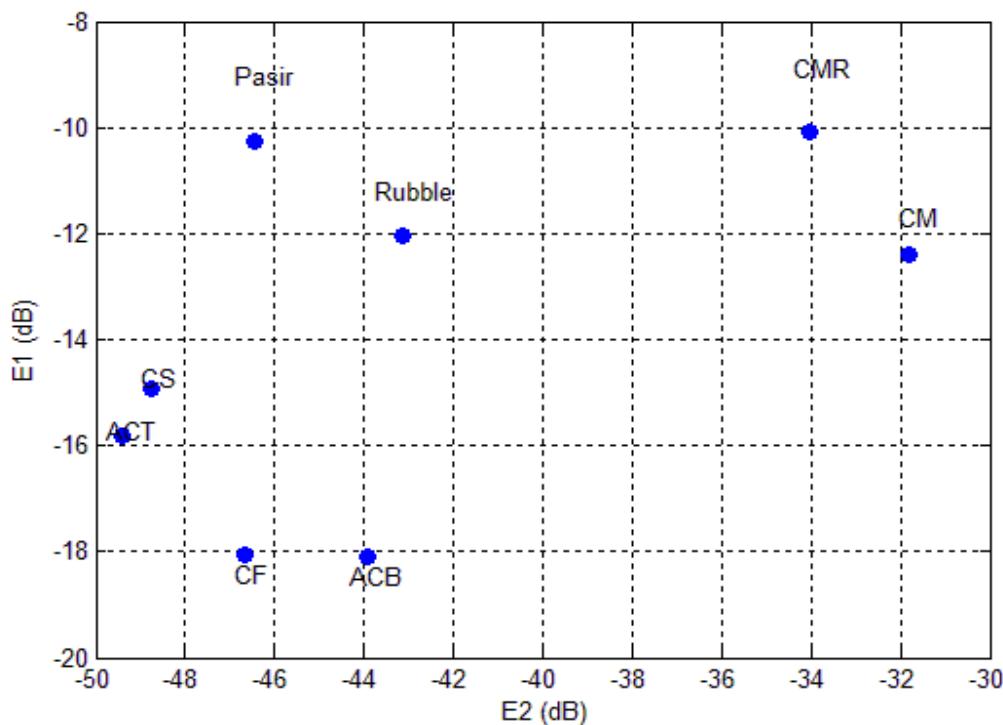
Gambar 27 Hasil pengelompokan *lifeform* karang berdasarkan kemiripan nilai E1 dan E2.

Lebih jauh Heald dan Pace (1996) menyatakan bahwa dengan memplot E1 terhadap E2 maka variasi jenis *lifeform* karang yang berbeda, secara akustik dapat dibedakan. Gambar 28 menunjukkan perpotongan nilai antara nilai E1 dan E2. Gambar tersebut menunjukkan bahwa CM dan CMR memiliki nilai yang tinggi baik pada E1 dan E2 sehingga dapat digolongkan sebagai tipe dasar yang keras dan kasar (*hard-rough*), CS, ACT, CF, dan ACB dimana memiliki nilai yang rendah baik pada E1 dan E2 dapat digolongkan sebagai tipe dasar yang lunak dan halus (*soft-smooth*), sedangkan pasir dan *rubble* dapat digolongkan sebagai dasar yang lunak dan kasar (*soft-rough*). Hasil klasifikasi yang diperoleh dalam penelitian ini dibandingkan dengan hasil klasifikasi yang dilaporkan oleh Manuhutu (2010) menunjukkan perbedaan yang mengklasifikasikan bentuk pertumbuhan karang dengan kategori tinggi (ACB, CB, CF), kategori sedang (ACT, CM, ACD), serta kategori rendah (CMR dan SP).

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 28 Perpotongan nilai E1 dan E2 dari beberapa *lifeform* karang dan substrat pecahan karang dan pasir.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

5 SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perhitungan nilai *volume backscattering strength* (Sv) dari beberapa jenis *lifeform* karang, *coral massive* (CM) memiliki nilai E1 dan E2 masing-masing -12,38 dB dan -31, 81 dB, *acropora tabulate* (ACT) -15,82 dB dan -49,42 dB, *acropora branching* -18,10 dB dan -43,91 dB, *coral submassive* (CS) dengan nilai -14,94 dB dan -48,75 dB, *coral mushroom* -10,09 dB dan -34,03 dB, *coral foliose* -18,06 dB dan -46,68 dB. Untuk dua tipe substrat lainnya yaitu pecahan karang (*Rb*) memiliki nilai E1 dan E2 masing-masing -12,03 dB dan -43,14, serta substrat pasir (SP) dengan nilai masing-masing sebesar -10,25 dB dan -46,46 dB. *Coral mushroom* (CMR) memiliki nilai tertinggi pada E1 dan terendah didapatkan pada *coral foliose* (CF), sedangkan pada E2 nilai tertinggi diberikan oleh *coral massive* (CM) dan terendah pada *acropora tabulate* (ACT).

Hasil pengelompokan yang dilakukan berdasarkan nilai E1 dan E2 menunjukkan bahwa dari 6 *lifeform* karang yang diamati dapat dikelompokkan ke dalam 2 kelompok (A dan B). Kelompok A terdiri atas *Coral massive* (CM) dan *Coral mushroom* (CMR) dengan tingkat kemiripan 78,53%, sedangkan pada kelompok B meliputi 3 sub kelompok yaitu *Acropora tabulate* (ACT) dan *Coral submassive* (CS) dengan tingkat kemiripan 92,32%, *Acropora branching* (ACB) dan *Coral foliose* (CF) dengan tingkat kemiripan 84,83%, serta substrat dasar lainnya (*rubble* dan pasir) dengan tingkat kemiripan 77,18%.

5.2 Saran

Penelitian ini meliputi sebagian jenis *lifeform* karang, oleh karena itu sebaiknya perlu dilakukan penelitian lanjutan yang mencakup keseluruhan jenis *lifeform* dengan ukuran berbeda sehingga diperoleh hasil yang akurat. Selain itu, ada baiknya dilakukan pengukuran terhadap karakteristik fisik dari karang yang diduga berpengaruh terhadap pantulan akustik, serta perlakuan integrasi dengan ketebalan yang berbeda-beda.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pengambilan data lapangan dengan metode akustik khususnya yang menggunakan stasiun tetap sebaiknya memperhatikan kondisi cuaca. Hal ini perlu diperhatikan untuk menghindari atau mengurangi gangguan terhadap data yang diperoleh.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson TJ, Holliday DV, Kloser R, Reid DG, Simard Y. 2008. Acoustic seabed classification: current practice and future directions. *ICES journal of marine science* 65:1004-1011.
- Brown CJ, Mitchell A, Limpenny DS, Robertson MK, Service M, Golding N. 2005. Mapping seabed habitats in the Firth of Lorn off the west coast of Scotland: Evaluation and comparison of habitat maps produced using the Acoustic Ground Discrimination System, RoxAnn, and Side Scan Sonar. *ICES Journal of Marine Science*. 62:790-802.
- Burczynski J. 1999. Bottom Classification. BioSonics, Inc: 14pp. http://www.biosonicsinc.com/product_pages/vbt_classifier.html [8 Maret 2010].
- Caughey DA and Kirlin RL. 1996. "Blind Deconvolution of Echo Sounder Envelopes." Presented ICASS 96. Di dalam: *International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*: Marriott Marquis Hotel, Atlanta, Georgia, Institute of Electrical and Electronics Engineers Signal Processing Society, May 7-10 1996. 3150pp.
- Caughey D, Prager B, and Klymak J. 1994. Sea Bottom Classification from Echo Sounding Data. *Contractor's Report 94-56 prepared for Defence Research Establishment Pacific, Canada*. Document number SC93-019-FR-001, 120 Quester Tangent Corporation, Marine Technology Centre, 99-9865 West Saanich Road, Sidney, British Columbia, V8L 3S1. 35 pp.
- Collins W, McConaughey RA. 1998. Acoustic classification of the sea floor to address essential fish habitat and marine protected area requirements. Di dalam: *Proceedings of the Canadian Hydrographic Conference*, Victoria BC. Canada, March 1998. hlm 369-377.
- Deswati SR. 2009. Evaluasi Metode Akustik Untuk Pemantauan Padang Lamun [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Dung V, Stepnowsk A. 2000. Sea Bottom Recognition Using Multistage Fuzzy Neural Network Operating on Multi-Frequency Data. *ACUSTICA-Acta Acustica* 86:830-837.
- English S, Wilkinson C, Baker V. 1994. *Survey Manual For Tropical Marine Resources*. Townsville: ASEAN-Australia Marine Science Project Living Coastal Resources.
- Gleason ACR, Reid RP, Kellison GT. 2008. Single-beam acoustic remote sensing for coral reef mapping. *Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium*; Ft. Lauderdale, Florida, 7-11 July 2008. Hlm 611-615.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Hamilton LJ. 2001. Acoustic Seabed Classification Systems, Maritime Operations Division. *Defence Science and Technology Organisation - Technical Note-0401:66pp.* [http://www.dsto.defence.gov.au/corporate/reports/DSTO-TN-0401.pdf].
- Hamouda AZ, Abdel-Salam KM. 2010. Acoustic seabed classification of marine habitats: Studies in the Abu-Qir Bay, Egypt. *Journal of Oceanography and Marine Science* 1:011-022.
- Heald GJ, Pace NG. 1996. An Analysis of the 1st and 2nd backscatter for seabed classification. Di dalam: *Proceedings 3rd European conference on underwater acoustic*; Heraklion, Crete, 24-28 June 1996 2:649–654.
- Jackson DR, Richardson MD. 2007. High Frequency Seafloor Acoustic. *Springer Science Business Media, LLC*, 223 Spring Street. New York.
- Johan O. 2003. Sistematika dan Teknik Identifikasi Karang. Disampaikan pada acara Training Course: Karakteristik Biologi Karang, tanggal 7-12 Juli 2003, yang diselenggarakan oleh PSK-UI dan Yayasan TERANGI, serta didukung oleh IOI-Indonesia.
- Kloser RJ, Bax NJ, Ryan T, Williams A, Baker BA. 2001. Remote sensing of seabed types in the Australian South East Fishery – development and application of normal incident acoustic techniques and associated ground truthing. *Journal of Marine and Freshwater Research* 552:475-489. [http://www.coastalcrc.com].
- Legendre L and Legendre L. 1998. *Numerical Ecology, 2nd edition*. Amsterdam: Elsevier Publishing Co.
- MacLennan DN, Simmonds EJ. 2005. *Fisheries Acoustics: Theory and Practice. Second edition*. Oxford: Blackwell Science Ltd. 472 pp.
- Manik HM, Furusawa M, Amakasu K. 2006. Measurement of Sea Bottom Surface Backscattering Strength by Quantitative Echosounder. *Fisheries Science* 2006, 72:503-512.
- Manuhutu JF. 2010. Klasifikasi lifeform terumbu karang menggunakan instrumen hidroakustik SIMRAD EY 60 di Pulau Pari, Kepulauan Seribu [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Michaels W. 2007. Review of acoustic seabed classification systems. *ICES Cooperative Research Report*, 286:101-126.
- Orłowski A. 2007. Acoustic seabed classification applied to Baltic benthic habitat studies: a new approach. *OCEANOLOGIA* 49:229–243.
- Penrose JD, Siwabesky PJW, Gavrilov A, Parnum I, Hamilton LJ, Bickers A, Brooke B, Ryan DA and Kennedy P. 2005. Acoustic Techniques for



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Seabed Classification. Technical Report 32. Cooperative Research Centre for Coastal Zone Estuary and Waterway Management.

Prager BT, Caughey DA, Pockert RH. 1995. Bottom classification: operational results from QTC VIEW. In: *Oceans'95 MTS/IEEE - challenges of our changing global environment conference*; San Diego, California. October 1995. hlm 1827–1835.

Preston JM, Christney AC, Beran LS, Collins WT. 2004. Statistical seabed segmentation – from images and echoes to objective clustering. *Proceedings of the Seventh European Conference on Underwater Acoustics*; Delft, Netherlands. 2004.

Pujiyati S. 2008. Pendekatan Metode Hidroakustik Untuk Pendugaan Klasifikasi Tipe Substrat Dasar Perairan dan Hubungannya Dengan Komunitas Ikan Demersal [Disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Roberts JM, Brown CJ, Long D, Bates CR. 2005. Acoustic mapping using a multibeam echosounder reveals cold-water coral reefs and surrounding habitats. *Springer-Verlag* 24:654-669.

Santoso S. 2002. *Buku Latihan SPSS Statistik Multivariat*. Jakarta: Elex Media Komputindo. 342 hal.

Schlagintweit GEO. 1993. Real-time acoustic bottom classification for hydrographic: a field evaluation of RoxAnn. In: *Proceedings of Ocean '93*: 214-219 (<http://www.coastalcrc.com>).

SIMRAD, 1993. *Simrad EK 500 Scientific Echo sounder (Manual Instruction)*. Horten: A Kongsberg company. 74p.

Siwabessy PJW. 2001. An investigation of the relationship between seabed type and benthic and benthopelagic biota using acoustic techniques [Tesis]. Australia: School of Applied Science, the Curtin Universitas of Technology.

Tegowski J, Lubiniewski Z. 2000. The use of fractal properties of echo signal for acoustical classification of bottom sediments. *ACOUSTICA-Acta Acoustica* 86:276–282.

Thorne PD, Pace NG, Al-Hamdan ZKS. 1988. Laboratory Measurements of backscattering from marine sediments. *J. Acoust. Soc. Am.*, 84:303-309.

Urick RJ. 1983. *Principles of Underwater Sound. 3rd edition*. New York: McGraw-Hill publishing.

Veron JEN. 1986. *Coral of Australia and The Indopacific*. Townsville: Australian Institute of Marine Science.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1. Dokumentasi survei, peralatan instrumentasi akustik yang digunakan dalam penelitian



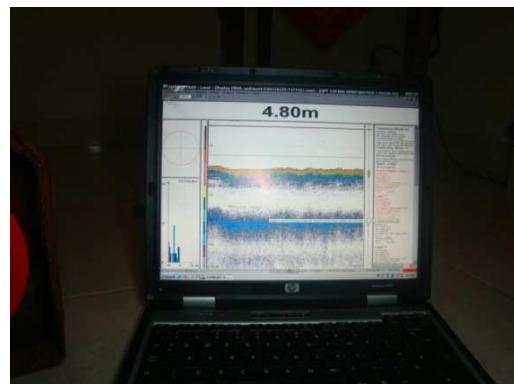
Seperangkat Echosounder Split Beam SIMRAD EY60



Tranduser split beam yang digunakan untuk sounding data akustik



General Purpose transceiver (GPT)



Laptop sebagai peraga (Display)
dan penyimpan data

Lampiran 1 lanjutan

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Kapal yang digunakan
Ukuran \pm 10 GT, panjang 7 m dan lebar 2 m



Proses setting instrumen akustik sebelum pengukuran dilakukan



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 2. Listing Program yang digunakan pada Matlab

a. Menampilkan echogram dari data dan echo envelope

```
%readEKRaw_EY60.m
%-----%
% Rick Towler
% National Oceanic and Atmospheric Administration
% Alaska Fisheries Science Center
% Midwater Assessment and Conservation Engineering Group
% rick.towler@noaa.gov
%-----%
%readEKRaw_ChunkExample.m

    define paths to example raw and bot files
rawFile = 'nama_file.raw';
botFile = 'nama_file.bot';

ping_awal = input('masukkan ping awal = ');
ping_akhir = input('masukkan ping akhir = ');

disp('Reading .raw file...');
% read in the first chunk of the file using PingRange to define
% chunk size.
% Note that we specify the optional 3rd return argument "rstat"
% that will
% contain the reader state when the function exits.

also note that we do not read in angle data

[header, firstRaw, rstat] = readEKRaw(rawFile, 'Frequencies',
120000, ...
    'SampleRange',[1 800], 'PingRange',[ping_awal
ping_akhir], 'Angles',false);

% extract calibration parameters from the first raw data
structure
calParms = readEKRaw_GetCalParms(header, firstRaw);

disp('Reading .bot file...');
% read in the .bot file - by passing the optional 3rd argument we
force
% readEKBot to only return data for pings contained in the
firstRaw structure.
% again, we set the rstat return argument.
[header, firstBot, rstat] = readEKBot(botFile, calParms, firstRaw,
...
    'ReturnRange', true);

% convert power to Sv
firstRaw = readEKRaw_Power2Sv(firstRaw, calParms);
```



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

```
% plot up the two blocks of data
disp('Plotting...');

% plot the first chunk echogram
readEKRaw_SimpleEchogram(firstRaw.pings(1).Sv,
firstRaw.pings(1).number, ...
firstRaw.pings(1).range, 'Threshold', [-70,0], 'Title', ...
['Sv']);
hold on
% plot the bottom
plot(firstRaw.pings(1).number, firstBot.pings.bottomdepth(1,:),
'c');
hold off

colorbar;
colorbar('YTickLabel',{'-70 dB', '-58 dB', '-47 dB', '-35 dB', '-23
dB', '-12 dB'})

xlabel ('Ping')
ylabel ('Depth (m)')

plot echo envelope (digunakan setelah selesai menampilkan
echogram)
Sv1=firstRaw.pings.Sv;
Sv1mean=mean(Sv1');
plot(Sv1mean);

xlabel ('Time (ms)')
ylabel ('Intensitas energi backscattering strength (dB)')
```



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

b. Menampilkan grafik Sv dan SS (Purnawan 2009)

```
% readEKRaw_EY60.m
%
%-----%
% Rick Towler
% National Oceanic and Atmospheric Administration
% Alaska Fisheries Science Center
% Midwater Assesment and Conservation Engineering Group
% rick.towler@noaa.gov
%
%-----%
%readEKRaw_ChunkExample.m
%
define paths to example raw and bot files
rawFile = 'data\20110131-T100702.raw';
botFile = 'data\20110131-T100702.bot';

awal=input('masukkan ping awal = ');
akhir=input('masukkan ping akhir = ');

membaca file .raw - hanya pada frekuensi 120 kHz
disp('membaca .raw file...');

header, rawData] = readEKRaw(rawFile, 'SampleRange', [1 500], ...
'PingRange', [awal akhir]);

calParms = readEKRaw_GetCalParms(header, rawData);

membaca file .bot - data yang kembali sebagai range
disp('membaca .bot file...');

header, botData] = readEKBot(botFile, calParms, rawData, ...
'ReturnRange', true);

% konversi power ke Sv
data = readEKRaw_Power2Sv(rawData, calParms);

% konversi sudut electrical ke sudut physical
data = readEKRaw_ConvertAngles(data, calParms);

% mensortir kembali data yang digunakan
% sehingga mempermudah dalam pengolahan data dasar perairan
c=1538.02;%kecepatan suara
tau=0.000128;%panjang gelombang
x=data.pings.number;
y=data.pings.range;
Z=data.pings.Sv;% Z= Sv logaritma
z=10.^((Z/10));
ss=z*(c*tau/2);%ini untuk cari ss
SS=10*log10(ss);%in untuk cari SS log
along=data.pings.alongship; %sudut alongship
athw=data.pings.athwartship; % sudut athwartship
Svbottom=Z;
alongl=along;
bd=botData.pings.bottomdepth;
[k l]=size(Z);

% data tbd pada 1 ping terakhir memberikan nilai yang tidak akurat
% sehingga perlu dihilangkan
```



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan,

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

```
l=1-1;
for ll=1:1;
    m=0;
    for kk=1:k;
        % mengambil data dasar perairan, dari permukaan hingga 1/2 meter
        % data yang lainnya diberikan pada kedalaman lain adalah nol
        if y(kk,1)<(bd(1,ll)+0.05);
            Svbottom(kk,ll)=-1000; %svbottom(kk+1,ll)=0;
            along1(kk,ll)=0;
        elseif y(kk,1)>(bd(1,ll)+0.5);
            Svbottom(kk,ll)=-1000;
            along1(kk,ll)=0;
        else
            svbottom(kk,ll)=Z(kk,ll);
            along1(kk,ll)=along(kk,ll);
        end;
        % mengambil data hanya pada dasar perairan hingga setengah meter,
        % svbonly
        m=m+1;
        Svbottomonly(m,ll)=Z(kk,ll);
        along2(m,ll)=along(kk,ll);
    end;end;
end;

agar jumlah data tiap kolom sama
ditentukan ketebalan lapisan yang digunakan, hlyr
hlyr=0.1;
for ll=1:1;
    for i=1:m;
        if y(i,1)<=hlyr;
            Svonly(i,ll)=Svbottomonly(i,ll);
            along3(i,ll)=along2(i,ll);
        end; end; end

Svbottommean=mean(mean(Svonly));

[i 1]=size(Svbonly);
for ll=1:1;Zmax(ll)=-999;
    for ii=1:i;
        if Svonly(ii,ll) > Zmax(ll) ;
            Zmax(ll) = Svonly(ii,ll);
            alongmax(ll)=along3(ii,ll);
        end
    end
end

zmax=10^(Zmax/10); % linier func
ratazmax=mean(zmax);
ssmax=zmax*(c*tau/2);
ssmean=mean(ssmax);
SSmax=10*log10(ssmean)
stdsv=std(zmax);
rataZmax=10*log10(ratazmax)
stdSv=10*log10(stdsv);

% membuat gambar echogram
disp('Plotting... ');
nFreqs = length(data.pings);
for n=1:nFreqs
```



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

```
% plot echogram
readEKRaw_SimpleEchogram(SS,x,y, 'Threshold', [-50,0]);%
disini ngerubahnya!!!!!
% plot the bottom
hold on
plot(data.pings(n).number, botData.pings.bottomdepth(n,:),
'c');
hold off

% plot anglogram
readEKRaw_SimpleAnglogram(data.pings(n).alongship, ...
    data.pings(n).athwartship, data.pings(n).number, ...
    data.pings(n).range, 'Title', ...
    ['Angles ' num2str(calParms(n).frequency)]);
% plot bottom
hold on
plot(data.pings(n).number, botData.pings.bottomdepth(n,:),
'c');
hold off
end

akhir=akhir-1; %mengembalikan nilai dari 'akhir' di atas
%Zmax1=0; alongmax1=0;% untuk merubah kembali pingnya
sp=akhir-1; %selisih ping yang dimasukkan dengan untuk looping
for ll=awal:akhir;
    Zmax1(ll)=Zmax(ll-sp);
    alongmax1(ll)=alongmax(ll-sp);
end

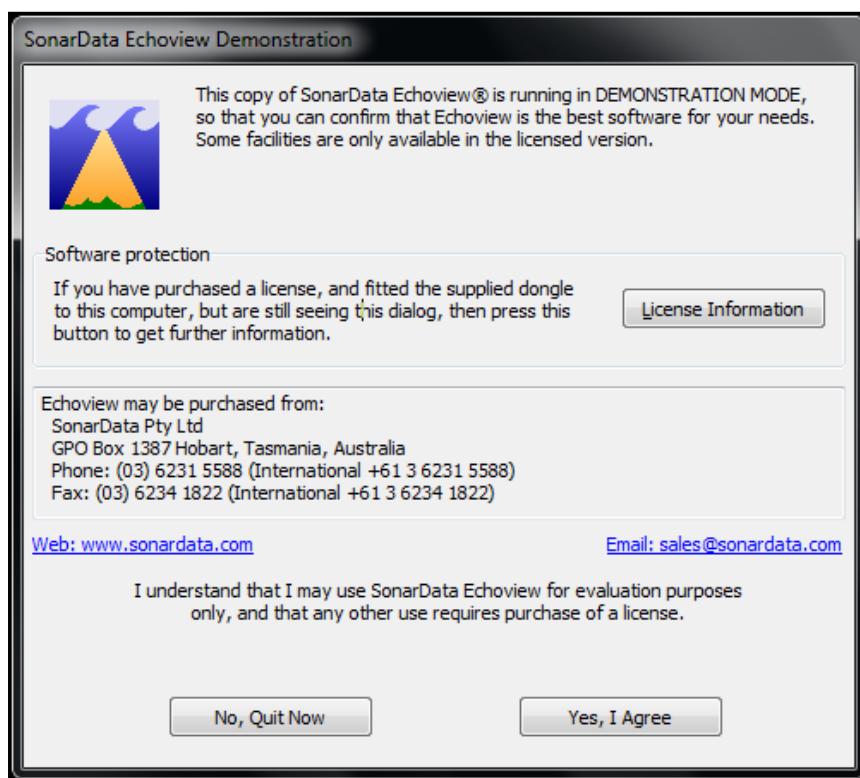
figure
subplot(2,1,1); plot(Zmax1);
axis([awal akhir -30 0])
xlabel('ping','fontsize',16);
ylabel('Scattering volume (dB)', 'fontsize',16);
legend('Sv max (dB)')

subplot(2,1,2); plot(alongmax1);
axis([awal akhir -10 10])
xlabel('ping','fontsize',16);
ylabel('sudut (derajat)', 'fontsize',16);
legend('sudut alongship (derajat)')

figure
plot (SS(:,1),y,'r')
hold on
plot (Z(:,1),y,'b')
legend('SS','Sv')
xlabel ('Intensitas acoustic backscattering strength (dB)')
ylabel ('Kedalaman (m)')
```



Lampiran 3 Echoview dan dongle



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

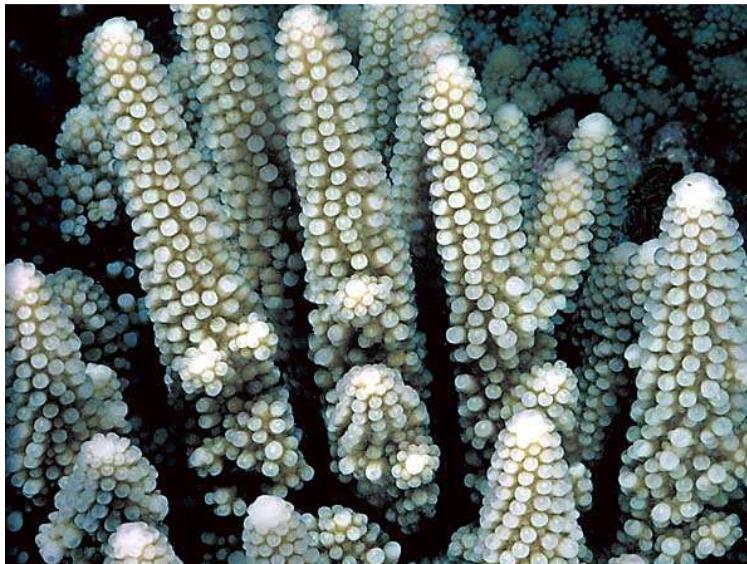
Lampiran 4 Bentuk-bentuk pertumbuhan karang (*coral lifeform*) yang teridentifikasi di lokasi penelitian

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Acropora branching (ACB)

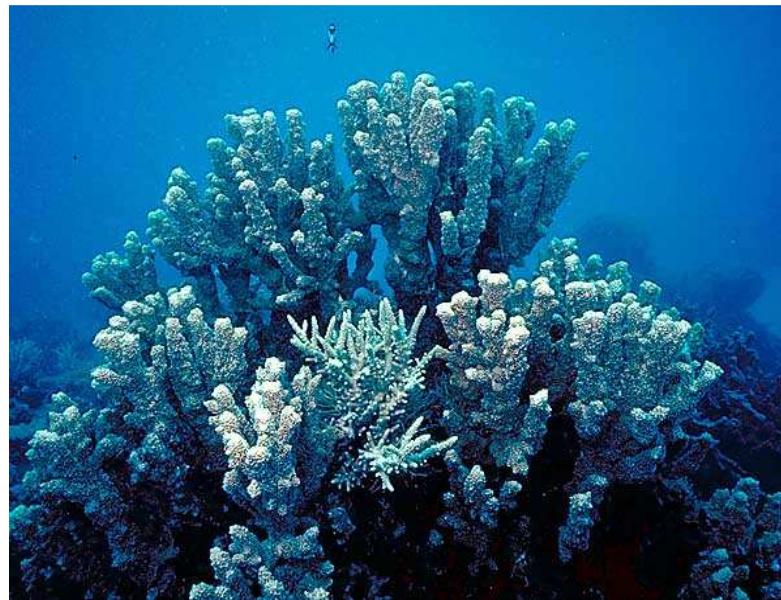


Acropora Digitate (ACD)

Lampiran 4 *lanjutan*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Acropora submassive (ACS)



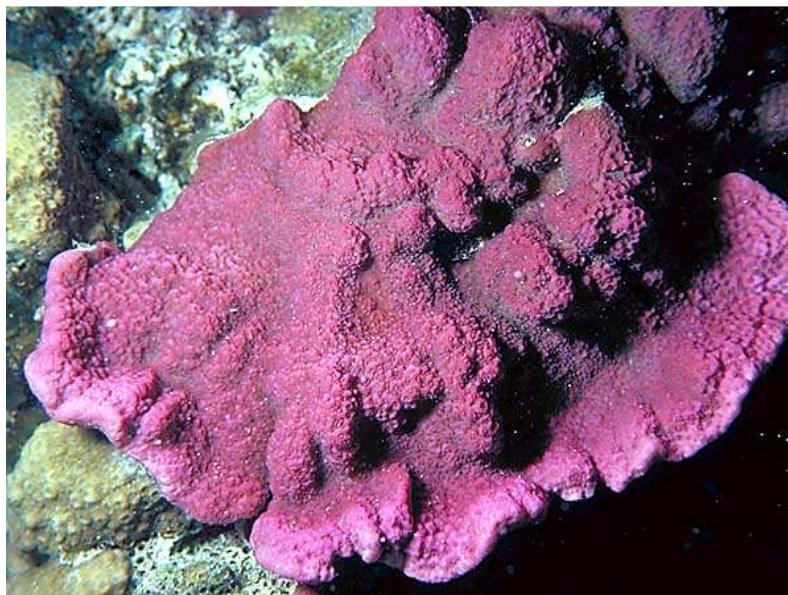
Acropora tabulate (ACT)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Coral branching (CB)

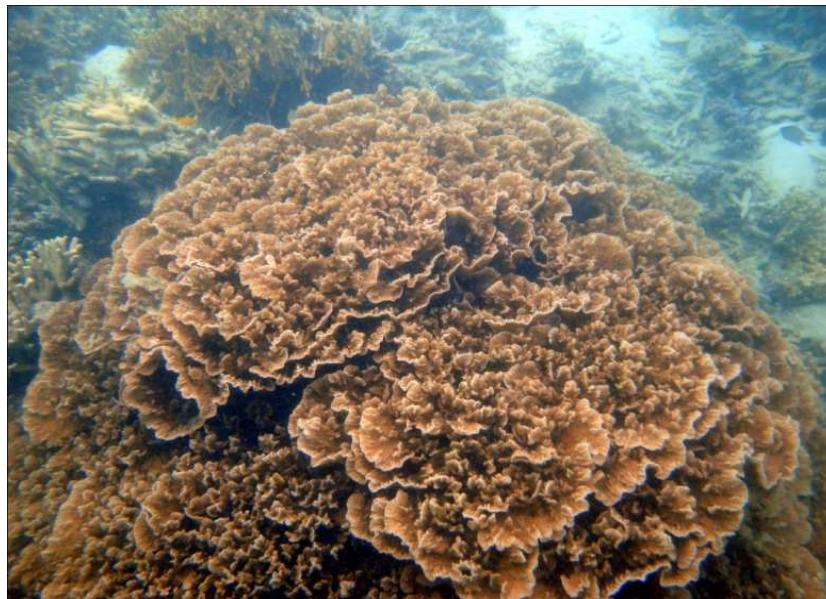


Coral Encrusting (CE)

Lampiran 4 lanjutan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Coral Foliose (CF)



Coral Massive (CM)

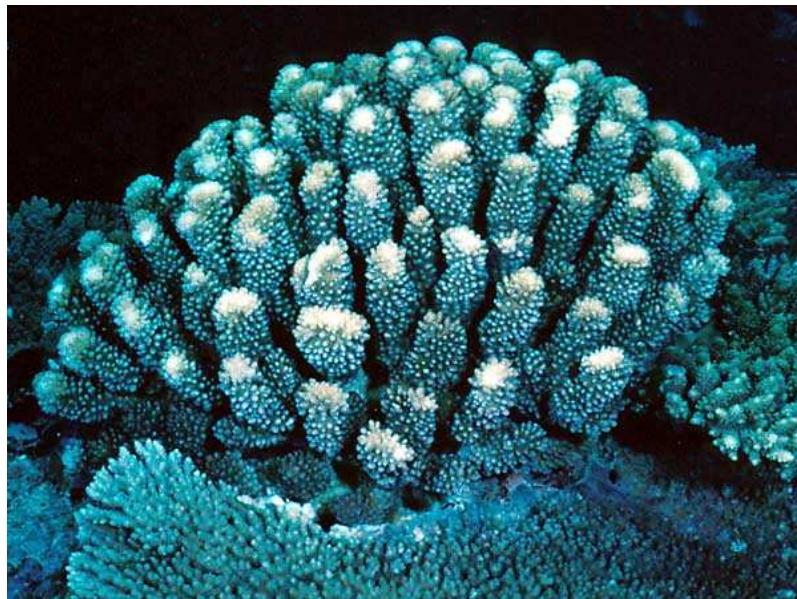
Lampiran 4 lanjutan

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Coral Submassive (CS)



Coral Millepora (CME)

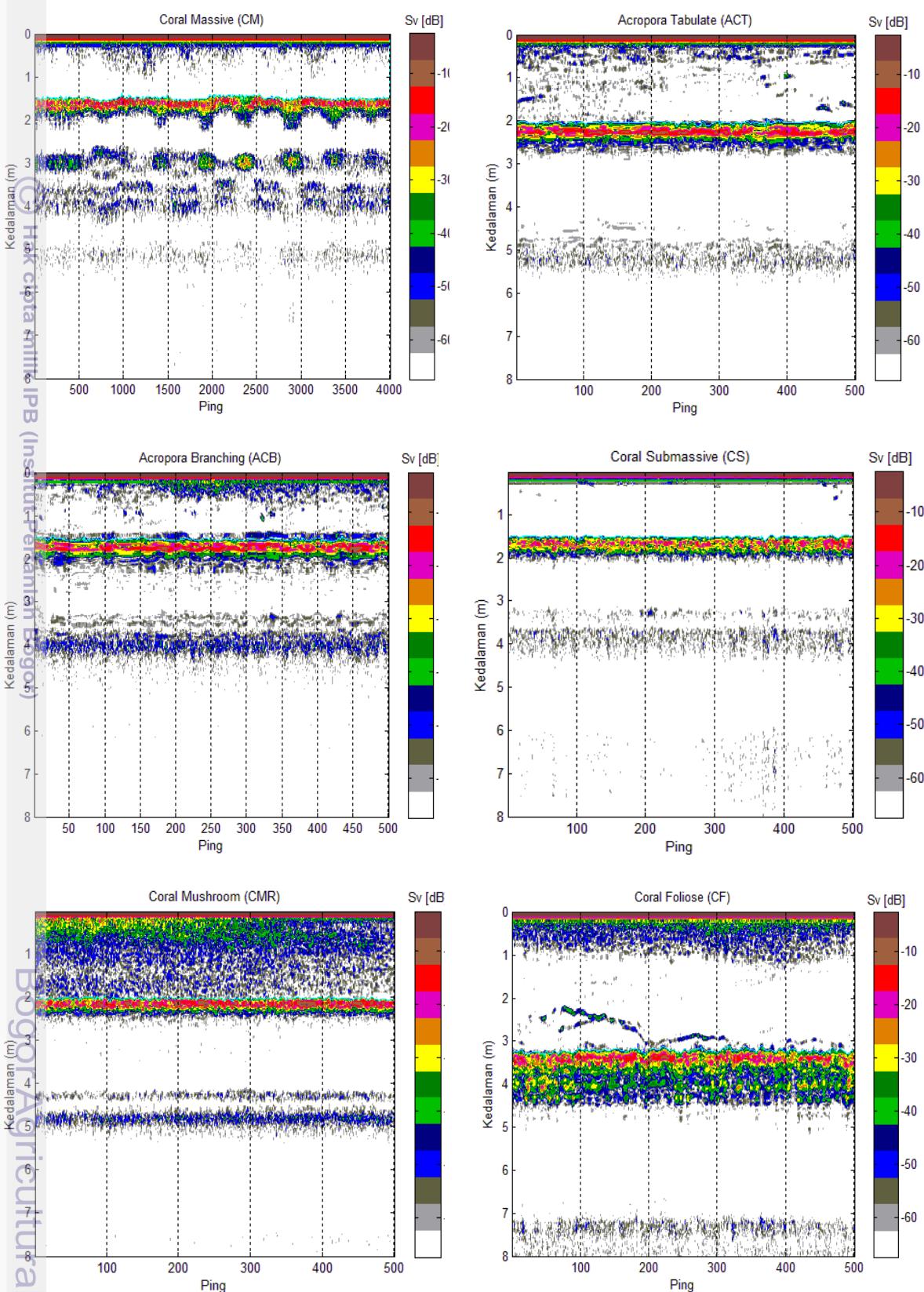
Lampiran 4 *lanjutan*

Coral Mushroom (CMR)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 5 Echogram dari tiap jenis lifeform karang



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

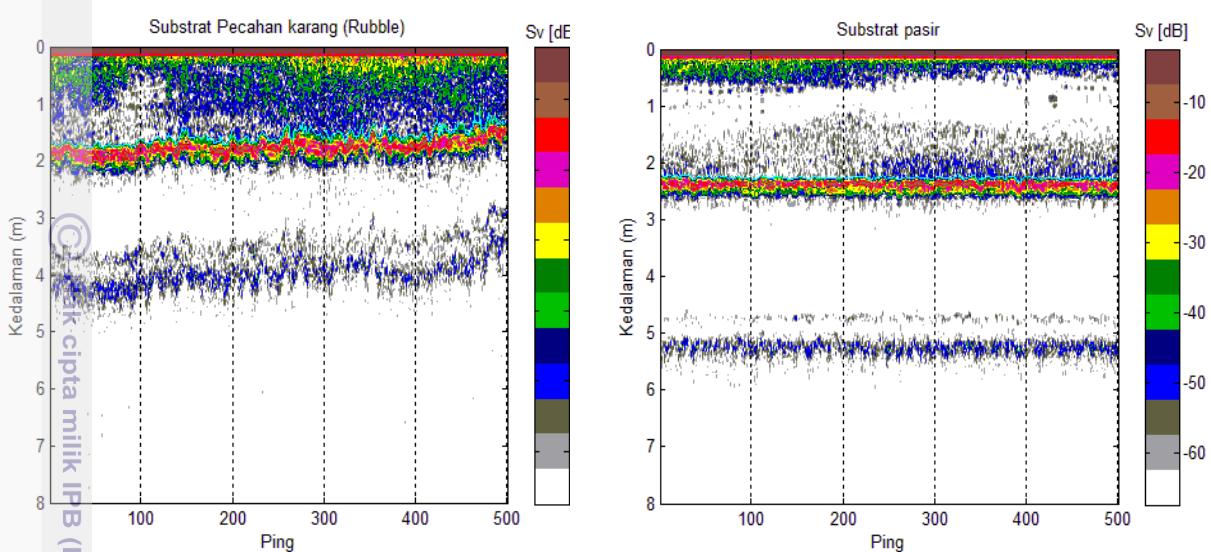
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 5 lanjutan





Lampiran 6 Hasil analisis *cluster* data akustik

Cluster Analysis of Observations: E1, E2, SS

Euclidean Distance, Average Linkage

Amalgamation Steps

Step	Number of clusters	Similarity level	Distance level	Clusters joined	New cluster	Number of obs. in new cluster
1	7	92.32	1.402	2 4	2	2
2	6	84.83	2.770	3 6	3	2
3	5	78.53	3.921	1 5	1	2
4	4	77.18	4.166	7 8	7	2
5	3	69.81	5.513	2 3	2	4
6	2	51.44	8.868	2 7	2	6
7	1	17.44	15.075	1 2	1	8

Final Partition

Number of clusters: 1

	Number of observations	Within cluster sum of squares	Average distance from centroid	Maximum distance from centroid
Cluster1	8	453.007	7.069	11.435