

PENGUKURAN DAN ANALISIS NILAI HAMBUR BALIK AKUSTIK UNTUK KLASIFIKASI DASAR PERAIRAN DELTA MAHAKAM

ACOUSTIC BACKSCATTERING STRENGTH ANALYSIS TO CLASSIFY RIVERBED TYPE OF DELTA MAHAKAM WATER

Ellis N. Ningsih¹⁾, Freddy Supriyadi²⁾, dan Syarifah Nurdawati²⁾

¹⁾Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Sriwijaya, Palembang

²⁾Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum, Palembang

Teregistrasi I tanggal: 10 April 2013; Diterima setelah perbaikan tanggal: 09 Juli 2013;

Disetujui terbit tanggal: 02 September 2013

ABSTRAK

Substrat dasar perairan memiliki peranan yang penting bagi organisme akuatik. Perubahan kualitas substrat akan mempengaruhi komposisi organisme benthik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung nilai hambur balik akustik dasar perairan dengan menggunakan teknologi hidroakustik sistem bim terbagi dan mengklasifikasikan substrat dasar perairan. Pengumpulan data dilakukan pada bulan Maret 2012 di Delta Mahakam, Kalimantan Timur menggunakan instrumen hidroakustik SIMRAD EY60 dengan frekuensi operasi 120 kHz. Pengambilan contoh substrat digunakan untuk data validasi menggunakan *van veen grab*. Hasil penelitian ini menggambarkan nilai hambur balik permukaan (SS) untuk pasir (-12,97 dB), pasir berlumpur (-13,96 dB), lumpur berpasir (-15,64 dB), dan lumpur (-19,25 dB). Hal ini juga menunjukkan bahwa substrat pasir memiliki tingkat kekerasan dan ukuran butir yang lebih besar dibandingkan jenis substrat lumpur substrat. Pada akustik nilai hambur balik pasir akan lebih tinggi dibandingkan lumpur.

KATA KUNCI: Klasifikasi dasar perairan, hidroakustik, nilai hambur balik permukaan, Delta Mahakam

ABSTRACT

Riverbed substrate is important habitat for aquatic organisms. Changes in substrate quality will influence the composition of benthic organisms. The aims of this study are to calculate the value of the bottom acoustic backscattering strength using split beam hydroacoustic system to quantify and classify riverbed substrate. Data were collected on March 2012 in Delta Mahakam, East Kalimantan province using hydroacoustics instrument Simrad EY60, with operating 120 kHz frequency. Sampling substrate was taken for ground truth data using van veen grab. The results of this study described the value of surface backscattering strength (SS) for sand (-12.97 dB), muddy sand (-13.96 dB), sandy mud (-15.64 dB), and mud (-19.25 dB). It shows also that sand has a high substrate roughness, hardness, and grain size larger than the type of mud substrate. In acoustic backscattering values of sand were greater than mud.

KEYWORDS: Bottom classification, hydroacoustic, surface backscattering strength, Delta Mahakam

PENDAHULUAN

Substrat dasar perairan merupakan salah satu potensi abiotik yang luar biasa. Substrat berguna sebagai habitat, tempat mencari makan, dan memijah bagi sebagian besar organisme akuatik (Susanto, 2000). Selain itu dasar perairan memiliki komposisi yang sangat kompleks mulai dari substrat berukuran kecil sampai batu-batuan. Penelitian mengenai habitat dasar perairan biasanya berdasarkan sampling fisik menggunakan *corer* atau *van veen grab* (Romimohtarto & Juwana 2009). Namun membutuhkan waktu yang lebih lama, jangkauan yang relatif sempit, dan lokasi yang terbatas. Salah satu metode yang dapat

membantu untuk mengatasi kekurangan ini adalah dengan menggunakan teknologi hidroakustik.

Teknologi hidroakustik adalah teknologi yang digunakan untuk mendeteksi objek bawah air dengan memanfaatkan perambatan gelombang suara. Sistem klasifikasi akustik substrat dasar perairan yang dapat memperkirakan tipe substrat dan sifat geoteknik dari jarak jauh telah banyak dipergunakan diberbagai bidang geologi kelautan, teknik sipil, ilmu militer, dan perikanan (Lambert *et al.*, 2002; Richardson *et al.*, 2002). Dasar perairan laut memiliki karakteristik memantulkan dan menghamburkan kembali gelombang suara seperti halnya permukaan perairan

Korespondensi penulis:

Universitas Sriwijaya Palembang

Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km. 32 Indralaya, OI, Sumatera Selatan 30662

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 (Urlick, 1983). Beberapa penelitian mengenai habitat dasar perairan di Indonesia telah dilakukan oleh Manik *et al.* (2006) untuk pengukuran *surface backscattering strength* (SS) menggunakan *Quantitative Echo Sounder* (QES) dan pendekatan nilai SS untuk identifikasi habitat ikan, Pujiyati (2008) menggunakan pendekatan metode hidroakustik untuk analisis keterkaitan antara tipe substrat dasar perairan dengan komunitas demersal, Harahap *et al.* (2010) mengkuantifikasi nilai hambur balik akustik dasar perairan menggunakan *echosounder* multibeam, Allo (2011) menerapkan metode Manik *et al.* (2006) untuk kuantifikasi dan karakterisasi *acoustic backscattering* dasar perairan di Pulau Seribu.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung nilai hambur balik akustik dasar perairan dengan menggunakan instrumen hidroakustik *split beam echosounder* untuk kuantifikasi dan klasifikasi dasar perairan berdasarkan ukuran butir substrat. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk melengkapi *database* nilai hambur balik akustik dasar perairan yang masih terbatas dan dapat membantu dalam pengambilan keputusan dalam pengelolaan kawasan perairan sehingga dapat bermanfaat bagi masyarakat sekitar kawasan perairan.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dua tahap. Tahap pertama adalah pengambilan data lapangan yang telah dilaksanakan pada tanggal 20 - 29 Maret 2012 di kawasan Delta Mahakam, Provinsi Kalimantan Timur. Tahap kedua adalah pengolahan data yang dilaksanakan sampai bulan Juli 2012.

Tabel 1. Posisi lokasi stasiun pengamatan

Table 1. Position of the observation station location

Stasiun	Nama Daerah	Posisi	
		Lintang	Bujur
1	Pulau Kelambu	0° 40' 35.3"	117° 22' 53.7"
2	Pulau Tiga	0° 44' 42.6"	117° 24' 17.3"
3	Tanjung Berukang	0° 47' 53.9"	117° 28' 39.7"
4	Benati	0° 43' 59.0"	117° 33' 46.2"
5	Muara Bayur	0° 43' 47.5"	117° 32' 55.6"
6	Pipa 9	0° 42' 01.4"	117° 34' 41.7"
7	Muara Pantuan	0° 35' 52.1"	117° 30' 47.9"
8	Laut Pantuan	0° 35' 44.4"	117° 34' 13.0"
9	Muara Ilu	0° 29' 48.4"	117° 34' 49.5"

Perangkat dan Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi instrumen *scientific split beam echosounder system* SIMRAD EY60, laptop, GPS, kapal nelayan, *van veen grab*, kantung plastik.

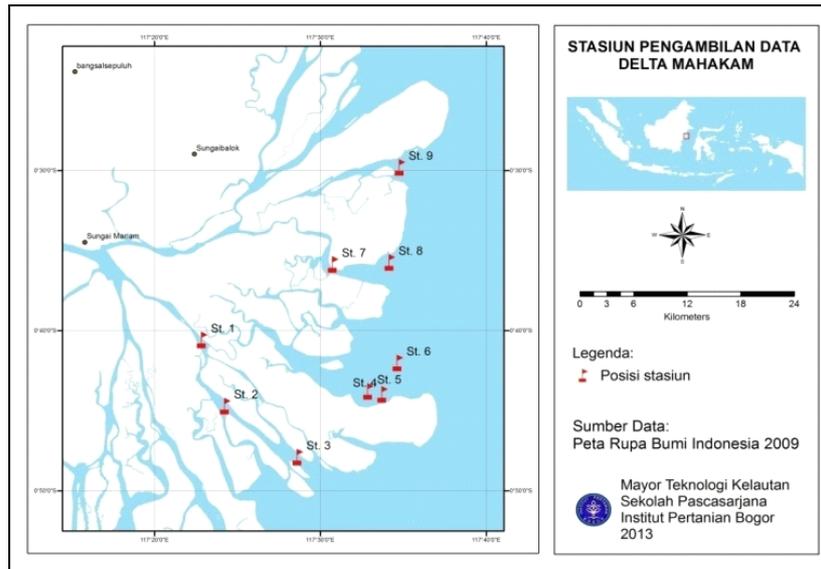
Perangkat lunak yang digunakan untuk pemrosesan data meliputi perangkat lunak Echoview 4.0, Microsoft Excel 2007, Minitab 16, dan ArcGIS 9.3.

Pengambilan Data Akustik dan Substrat

Pengambilan data akustik dilakukan menggunakan instrumen hidroakustik sistem bim terbagi SIMRAD EY60. Instrumen ini dioperasikan pada tiap stasiun. Pemeruman dilakukan secara stasioner pada kondisi kapal dalam keadaan diam selama 20 menit dan tetap dalam posisi yang telah ditentukan. Perekaman dilakukan menggunakan perangkat lunak ER60.

Pengambilan contoh substrat dilakukan pada 9 stasiun perekaman data akustik stasioner (Tabel 1). Pengambilan contoh diusahakan tepat berada di bawah *transducer* menggunakan *van veen grab* (15x15 cm) kemudian contoh disimpan pada kantung plastik dan diberi keterangan.

Contoh substrat selanjutnya dianalisis sifat fisiknya yaitu tekstur substrat dan densitas dari substrat tersebut yang digunakan sebagai data *in situ* sekaligus sebagai data pembanding dari hasil data pengukuran akustik. Klasifikasi metode analisis tekstur dilakukan dengan metode ayakan bertingkat menggunakan *shieve shaker*. Analisis tekstur tanah dibagi menjadi 3 fraksi yaitu fraksi pasir (0.05 – 2.00 mm), debu (0.05 – 0.002 mm), dan liat (> 0.002 mm). Klasifikasi tipe substrat menggunakan diagram segitiga dari *Shepard*.



Gambar 1. Lokasi stasiun pengamatan
 Figure 1. Observation station location

Pemrosesan Data Akustik

Nilai *acoustic backscattering volume* (*Sv*) diekstrak menggunakan perangkat lunak Echoview 4.0. Data pantulan pertama (E1) diolah menggunakan *threshold* minimal -50.00 dB dan maksimum 0 dB. Data pantulan kedua (E2) diolah menggunakan *threshold* minimal -70.00 dB dan maksimum 0 dB. *Elementary Sampling Distance Unit* (ESDU) sebesar 100 ping. Ketebalan integrasi E1 dan E2 adalah sebesar 0.20 m. Prinsip dasar perhitungan nilai *Sv* adalah:

$$SV(dB) = 10 \log \left(\frac{\text{backscattered intensity from unit volume at 1 m distance}}{\text{incident intensity}} \right) \quad (1)$$

(Johanesson and Mitson 1983)

Nilai *acoustic surface backscattering strength* (*SS*) diperoleh menggunakan persamaan yang menghubungkan *bottom volume backscattering coefficient* (*Sv*) dan *surface backscattering coefficient* (*Ss*) (Manik, 2011). Pada puncak dasar gema, nilai integrasi sudut beam untuk *volume backscattering* (ψ) ekuivalen dengan sudut beam untuk permukaan dasar ($\hat{\phi}$) atau $\psi H'' \hat{\phi}$. Nilai hambur balik dasar diperoleh dari:

$$Ss = \frac{cr}{2} SvB \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$SS(dB) = 10 \log \left(\frac{cr}{2} \right) + SvB \quad \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- $\hat{\phi}$ = *instantaneous equivalent beam angle for surface scattering* ($H''\psi$)
- ψ = *equivalent beam angle for volume scattering* (0.009)
- c* = kecepatan suara (m/s)
- τ = *pulse length* (0.128 ms)
- Sv_B = *volume backscattering of bottom*.

Contoh substrat dianalisis sifat fisiknya, dalam penelitian ini hanya dilakukan penentuan tekstur substrat (komposisi) karena contoh substrat yang diambil telah terganggu. Hasil dari data ini akan digunakan sebagai data pembanding dari hasil data akustik.

HASIL DAN BAHASAN

HASIL

Substrat Dasar Perairan

Hasil analisis contoh substrat dari 9 stasiun (Tabel 2) menunjukkan tipe substrat didominasi oleh fraksi debu yaitu rata-rata persentase sebesar 47.41%, sedangkan fraksi pasir sebesar 28.27%, dan liat sebesar 24.31%.

Tabel 2. Persentase fraksi substrat
 Table 2. Percentage fraction of substrate

Stasiun	Fraksi (%)			Tipe Substrat
	Pasir	Debu	Liat	
1	23.1	52.8	24.1	Lumpur berpasir
2	85.7	6.8	7.5	Pasir
3	19.2	47.6	33.2	Lumpur
4	0.3	57	42.7	Lumpur
5	72.1	3.5	24.4	Pasir berlumpur
6	6.8	75.6	17.6	Lumpur
7	38.8	38	23.2	Lumpur berpasir
8	1.2	83.6	15.2	Lumpur
9	7.3	61.8	30.9	Lumpur

Komposisi debu dan liat dapat ditemui hampir di semua stasiun kecuali pada stasiun 2. Pada stasiun 2 ditemukan pasir dengan komposisi fraksi pasir sebesar 85.7% dan kedalaman 2.72 m. Fraksi debu tertinggi tercatat pada lokasi stasiun 8 dengan persentase sebesar 83.6% pada kedalaman 4.59 m.

Tabel 3. Nilai *backscattering strength* (BS) dasar perairan
 Table 3. Bottom *backscattering strength* (BS) value

Stasiun	Kedalaman (m)	c (m/s)	SV (dB)		SS (dB)	Tipe Substrat
			E1	E2		
1	2.77	1509.13	-18.55	-49.72	-17.14	Lumpur berpasir
2	2.72	1504.37	-13.48	-46.22	-12.97	Pasir
3	6.09	1504.37	-20.53	-54.59	-19.25	Lumpur
4	3.44	1506.78	-28.65	-75.69	-30.87	Lumpur
5	3.00	1506.78	-15.25	-47.92	-13.96	Pasir berlumpur
6	2.00	1504.37	-23.47	-56.13	-22.31	Lumpur
7	2.85	1504.37	-18.62	-50.78	-15.64	Lumpur berpasir
8	4.59	1504.37	-24.96	-57.59	-24.19	Lumpur
9	2.82	1504.13	-22.27	-52.53	-20.67	Lumpur

Tipe substrat pasir pada stasiun 2 terdeteksi pada nilai E1 sebesar -13.48 dB dan E2 sebesar -46.22 dB. Tipe pasir berlumpur pada stasiun 5 terdeteksi pada nilai E1 sebesar -15.25 dB dan E2 sebesar -47.92 dB. Nilai E1 tipe lumpur pada stasiun 3, 4, 6, 8, dan 9 terdeteksi antara -28.65 dB sampai -20.53 dB dan nilai E2 antara -75.69 dB sampai -54.59 dB. Nilai E1 tipe lumpur berpasir pada stasiun 1 dan 7 sebesar -18.55 dB dan -18.62 dB serta nilai E2 sebesar -49.72 dB dan -50.78 dB.

Surface backscattering strength merupakan model yang dikembangkan untuk mengetahui nilai hambur balik dari permukaan dasar perairan. Nilai SS diperoleh dengan menggunakan persamaan logaritma yang menghubungkan antara *backscattering volume*

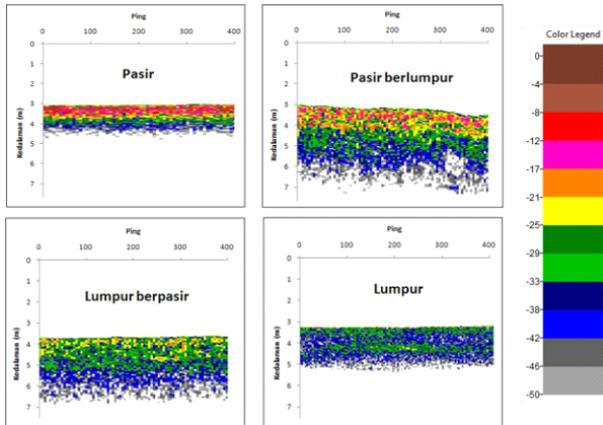
Persentase fraksi liat tertinggi tercatat pada lokasi stasiun 4 dengan persentase sebesar 42.7% pada kedalaman 3.44 m.

Nilai Hambur Balik Akustik Dasar Perairan

Pantulan dari setiap ping yang diterima oleh receiver disajikan dalam bentuk *echogram*. Interpretasi dan kuantifikasi *echogram* menggunakan perangkat lunak Echoview 4.0. Analisis mengenai dasar perairan menggunakan tiga parameter, yaitu pantulan pertama (E1), pantulan kedua (E2), dan *surface backscattering strength* (SS). Masing-masing pantulan akan membawa informasi yang berbeda sesuai dengan morfologi dasar perairannya dan disajikan dalam bentuk *echogram* atau jejak gema. E1 menggambarkan kekasaran dan E2 menggambarkan kekerasan dari dasar perairan. Nilai SV dan SS dari dasar perairan disajikan pada Tabel 3 berikut.

(SV) dasar perairan, cepat rambat suara (c), dan besar pulsa (τ) (Manik 2012). Berdasarkan Tabel 3 nilai SS berbanding lurus dengan nilai SV (E1 dan E2). Nilai SS untuk pasir pada stasiun 2 adalah -12.97 dB dan pasir berlumpur pada stasiun 5 adalah -13.96 dB. Nilai SS untuk lumpur pada stasiun 3, 4, 6, 8, dan 9 adalah antara -30.87 dB sampai -19.25 dB. Nilai lumpur berpasir pada stasiun 1 dan 7 masing-masing sebesar -17.14 dB dan -15.64 dB.

Perbedaan tipe substrat yang terdeteksi terlihat jelas pada *echogram* yang ditunjukkan melalui perbedaan warna. Gambar 2 berikut menunjukkan contoh *echogram* dari masing-masing substrat yang dijumpai di lokasi penelitian.



Hubungan antara Ukuran Butir Substrat dan Parameter Akustik
Hubungan antara E1 terhadap Ukuran Butir Substrat

Hubungan antara ukuran butir substrat dan parameter akustik digambarkan dengan menggunakan regresi linier sederhana.

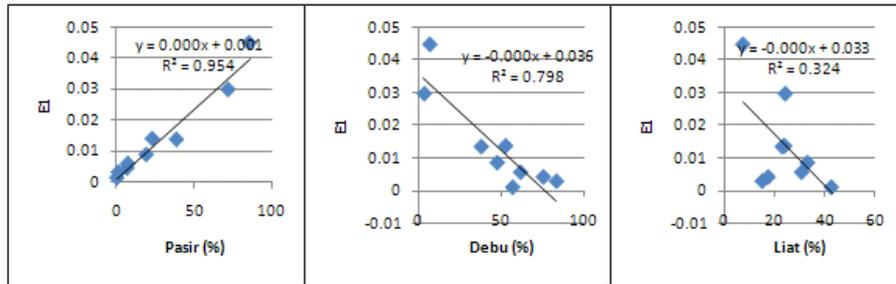
Hubungan E2 terhadap Ukuran Butir Substrat

Hubungan antara E2 terhadap ukuran butir substrat ditunjukkan pada Gambar 4.

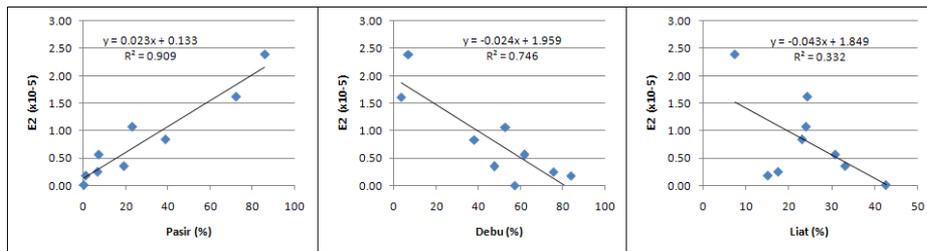
Hubungan SS terhadap Ukuran Butir Substrat

Gambar 2. Contoh jejak gema tipe substrat
 Figure 2. Example of substrate type echogram

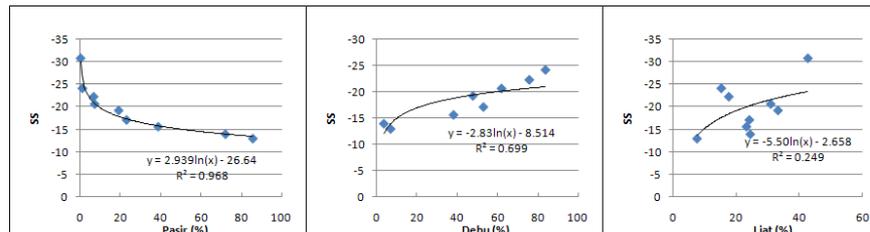
Grafik di bawah menunjukkan hubungan SS dengan ukuran butir substrat. Nilai R² tertinggi ditunjukkan oleh SS terhadap pasir.



Gambar 3. Hubungan E1 terhadap ukuran butir substrat
 Figure 3. Relationship of E1 to substrate grain size



Gambar 4. Hubungan E2 and ukuran butir substrat
 Figure 4. Relationship of E2 and substrate grain size



Gambar 5. Hubungan SS dan ukuran butir substrat
 Figure 5. Relationship of SS and substrate grain size

BAHASAN

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa nilai E1 lebih besar daripada E2. Hal ini disebabkan oleh energi yang hilang karena faktor jarak, penyerapan energi oleh medium air, dan penyebaran energi. E1 terbentuk dari satu kali pantulan dengan dasar perairan sedangkan E2 terbentuk dari satu kali pantulan dengan permukaan perairan dan dua kali dengan dasar perairan yang menyebabkan E2 kehilangan energi lebih banyak daripada E1. Artinya perbedaan nilai gema yang terdeteksi mengindikasikan bahwa masing-masing gema membawa informasi berbeda yang dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik substrat yang mengenainya. Nilai hambur balik pasir akan lebih besar daripada lumpur karena pasir memiliki ukuran

butir yang lebih besar daripada lumpur. Hal ini menunjukkan nilai hambur balik dasar perairan sangat dipengaruhi oleh kekasaran, kekerasan, dan ukuran butir substrat. Semakin besar ukuran butir akan semakin besar tingkat kekasaran dan kekerasan dari tipe substrat dasar perairan. Boulton dan Wyness (2001) menyatakan permukaan dasar perairan yang keras akan menghasilkan pantulan yang kuat, sementara itu permukaan yang lunak akan menghasilkan sinyal yang lemah. Permukaan yang kasar akan menyebabkan gema meluruh secara perlahan, sementara permukaan yang rata akan menyebabkan gema meluruh secara cepat. Beberapa penelitian mengenai nilai hambur balik dasar perairan telah dilakukan di Indonesia (Tabel 4).

Tabel 4. Penelitian nilai *backscattering strength* (BS) dasar perairan di Indonesia
 Table 4. Research about bottom backscattering strength (BS) value in Indonesia

Peneliti/ Tahun	Nama alat/ Perangkat lunak	Lokasi	Nilai BS (dB)
Manik <i>et al.</i> 2006	Quantitive Echosounder Multiple-beam Multifrequency/ Matlab	Samudera Hindia	Pasir: -18.30 Lumpur berpasir: -23.40 Lumpur: -29,00
Pujiyati 2008	SIMRAD EY500 Split-beam 38 kHz/EP500	Perairan Bangka Belitung dan Laut Jawa	Pasir: -20.00 Lumpur: -35.91
Purnawan 2009	SIMRAD EY60 Split-beam 120 kHz/Matlab	P. Pari, Kep. Seribu	Pasir: -16.35
Zulham 2010	SIMRAD EM3000 Multibeam 300 kHz/Matlab	Perairan Aceh	Pasir: -19.19 Pasir berlumpur: -19.54 Lumpur berpasir: -21.89 Lumpur: -26.96
Taruk Allo 2011	SIMRAD EY60 Split-beam 120 kHz/Echoview dan Matlab	P. Pramuka, P. Panggang, P. Karya, P. Semak Daun, Kep. Seribu	Pasir: -13.23 Pasir berlumpur: -21.15
Penelitian ini 2012	SIMRAD EY60 Split-beam 120 kHz/Echoview	Delta Mahakam, Kalimantan Timur	Pasir: -12.97 Pasir berlumpur: -13.96 Lumpur berpasir: -17.14 Lumpur: -30.87

Secara akustik semakin besar ukuran butir substrat semakin tinggi nilai SS yang terdeteksi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Manik *et al.* (2006) bahwa nilai *backscattering strength* substrat pasir lebih besar daripada nilai SS pada tipe substrat

lumpur. Perbedaan tipe substrat yang disajikan pada Gambar 3 ditunjukkan secara jelas perbedaan jejak gema tipe substrat melalui perbedaan warna. Semakin terang warnanya maka tipe substrat yang dideteksi semakin keras dan kasar.

Hubungan antara Ukuran Butir Substrat dan Parameter Akustik

Hubungan antara E1 terhadap Ukuran Butir Substrat

Secara umum terlihat bahwa semakin tinggi persentase substrat berukuran butir besar maka nilai E1 semakin meningkat dan semakin tinggi persentase substrat berukuran butir kecil maka nilai E1 semakin lemah. Pasir memiliki hubungan paling kuat dengan E1 karena pasir memiliki ukuran butir cukup besar dan kasar sehingga energi yang dipantulkan lebih kuat. Liat memiliki hubungan paling lemah terhadap pembentukan E1 karena liat memiliki ukuran butir yang kecil sehingga pantulannya lebih lemah. Berdasarkan persamaan-persamaan di atas dapat diasumsikan bahwa E1 berhubungan kuat dengan kekasaran substrat. Maka, jika nilai hambur balik E1 semakin besar maka semakin kasar pula tipe substrat yang dideteksi. Collier dan Brown (2005) menyatakan ada korelasi positif antara kekuatan hambur balik dan ukuran butir sedimen, secara umum bahwa hambur balik tertinggi berkorelasi dengan sedimen kasar.

Hubungan E2 terhadap Ukuran Butir Substrat

E2 dihasilkan dari satu kali pantulan dengan permukaan perairan dan dua kali pantulan dasar perairan. Hanya tipe substrat yang memiliki densitas tinggi dan porositas yang kecil mampu menghasilkan gema pantulan kedua. Pada Gambar 5 menunjukkan semakin tinggi persentase substrat berukuran butir besar maka semakin tinggi nilai E2 dan semakin tinggi persentase substrat berbutir halus maka nilai E2 semakin rendah. Nilai R^2 E2 terhadap pasir sebesar 90.9%, ini menunjukkan pasir memiliki pengaruh yang kuat terhadap pembentukan nilai E2. Secara teori E2 menggambarkan kekerasan. Pasir memiliki porositas yang rendah dan densitas yang tinggi sehingga energi yang mengenainya akan langsung dipantulkan ke *transducer*, energi yang kuat menyebabkan pasir mampu membentuk pantulan kedua atau lebih. Chivers *et al.* (1990) menyatakan nilai E2 yang tinggi berasal dari substrat yang keras dan nilai E2 yang rendah berasal dari substrat yang lunak.

Hubungan SS terhadap Ukuran Butir Substrat

SS merupakan nilai hambur balik dari permukaan dasar perairan yang merupakan persamaan turunan dari SV. Pasir memiliki ukuran butiran yang lebih besar daripada debu dan liat, sehingga pasir mampu memberikan pantulan paling kuat sesuai dengan persamaan SS yang menggunakan SV_{max} . Hal ini sesuai dengan pernyataan Manik *et al.* (2006)

menyatakan SS dipengaruhi oleh ukuran butir. Gambar 5 menunjukkan semakin tinggi persentase substrat berukuran butir besar maka nilai SS juga akan meningkat dan semakin tinggi persentase substrat berukuran halus maka nilai SS semakin lemah. Pasir memberikan pengaruh sangat kuat terhadap pembentukan nilai SS sebesar 96.8%.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan nilai SS untuk pasir sebesar -12.97 dB, pasir berlumpur sebesar -13.96 dB, lumpur berpasir sebesar -15.64 dB, dan lumpur sebesar -19.25 dB. Jika hasil penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Tabel 4), maka dapat dilihat nilai BS yang dihasilkan dari tipe substrat yang sama nilai hambur baliknya berbeda, namun polanya tetap sama. Semakin kecil dan halus ukuran butir substrat maka nilai hambur balik akustiknya akan semakin lemah. Kekasaran, kekerasan, dan ukuran butir memberikan pengaruh yang kuat terhadap pembentukan nilai hambur balik akustik.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim penelitian Estuari Mahakam 2012, Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum, Palembang atas bantuannya selama penelitian berlangsung dan kepada Bapak Dr. Henry M. Manik, M.T. dan Bapak Dr. Totok Hestirianoto, M.Sc. atas saran dan kritikan dalam penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Allo OAT. 2011. Kuantifikasi dan karakterisasi acoustic backscattering dasar perairan di Kepulauan Seribu-Jakarta [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Boulton B & R Wyness. 2001. *Annual Report: Sangchal Seabed Mapping Survey*. London: BP.
- Chivers RC, N Emerson & D Burns. 1990. New acoustic processing for underwater surveying. *The Hydrographic Journal*. 56:9-17.
- Collier JS & CJ Brown. 2005. Correlation of sidescan backscatter with grain size distribution of surficial seabed sediments. *International Journal of marine Geology, Geochemistry, and Geophysics*. 214:431-449.
- Harahap ZA, HM Manik & S Pujiyati. 2010. Acoustic backscatter quantification of seabed using

- multibeam echosounder instrument. *Proceedings of The International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS 2010)*. p911.
- Johannesson KA & RB Mitson . 1983. Fisheries Acoustic A Practical Manual for Acoustic Biomass Estimation. Roma: FAO Fisheries Technical Paper. <http://www.fao.org/docrep/X5818E/X5818E00.html> [20 Desember 2011].
- Lambert DN, MT Kalcic & RW Fass. 2002. Variability in the acoustic response of shallow water marine sediments determined by normal incident 30 kHz and 50 kHz Sound. *Journal of Marine Geology*. 182:179-208.
- Manik HM, M Furusawa & K Amakasu. 2006. Measurement of sea bottom surface backscattering strength by quantitative echosounder. *Fisheries Science: The Japanese Society of Fisheries Science Journal*. 72(3):503-512.
- Manik HM. 2011. Underwater acoustic detection and signal processing near the seabed. *Sonar Systems*. Croatia: Intechweb. 255-274.
- Manik HM. 2012. Seabed identification and characterization using sonar. *Hindawi Publishing Corporation*. 5p.
- Pujiyati S. 2008. Pendekatan metode hidroakustik untuk analisis keterkaitan antara tipe substrat dasar perairan dengan komunitas ikan demersal [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Richardson MD, KB Briggs, SJ Bently, DJ Walter & TH Orsi. 2002. The effects of biological and hydrodynamic processes on physical and acoustic properties of sediments off the Eel river, California. *Journal of Marine Geology*. 182:121-139.
- Romimohtarto K & S Juwana. 2009. *Biologi Laut*. Jakarta: Djambatan.
- Susanto P. 2000. *Pengantar Ekologi Hewan*. Jakarta: Depdiknas.
- Urick RJ. 1983. *Principles of Underwater Sound*. Ed ke-3. USA: McGraw-Hill Book Company.