

# Pemrosesan Citra *Side Scan Sonar* untuk Pemetaan Dasar Laut Pelabuhan Bena

Henry M. Manik<sup>1</sup>, Liva Junaedi<sup>2</sup>, Gentio Harsono<sup>3</sup>

**Abstract**—Detection of seabed can be obtained with a high resolution using side scan sonar instrument. This instrument also provides geospatial information of underwater target. This paper aims are to visualize and to interpret side scan sonar imagery both qualitatively and quantitatively, to analyse acoustic backscatter of seabed, and to perform processing characteristics of sonar signal using wavelet transform. Side scan sonar data are processed through the geometric correction to establish the actual position in the image pixel. The location of research study is Bena Port, Bali Indonesia. The sonar surveys consist of several track lines survey with operating frequency of 325 kHz. The seabed texture consists of gravel with backscatter value range from 13824 mV to 23680 mV and 8832 mV to 13312 mV for sand, sediment ripples of 17792 mV to 32640 mV, dredging seabed of 8000 mV to 19330 mV, texture of mound area has 32640 mV, and rocky outcrop has 14845 mV to 23552 mV. The results analysis of the signal characteristics using wavelet transform generally defines the location of peaks and valleys of the backscatter amplitude for each texture. The peak magnitude of each texture in red color indicates the intensity of the seabed texture is more rough, complex and solid, while the seabed texture is relatively flat and soft physic material has a low magnitude the value in blue color.

**Intisari**—Teknologi deteksi bawah air menggunakan instrumen *side scan sonar* mampu menggambarkan kondisi dasar laut dengan resolusi tinggi. Hal ini berguna untuk penyediaan informasi geospasial. Makalah ini bertujuan untuk melakukan visualisasi dan interpretasi citra *side scan sonar* baik kualitatif maupun kuantitatif, analisis nilai hambur balik akustik tekstur dasar laut, dan melakukan pengolahan karakteristik sinyal hambur balik menggunakan transformasi *wavelet*. Pemrosesan data *side scan sonar* dilakukan melalui koreksi geometrik untuk menetapkan posisi yang sebenarnya pada pixel citra, yang terdiri atas *bottom tracking*, *slant-range correction*, *layback correction*, dan koreksi *radiometric*. Lokasi penelitian berada di alur masuk Pelabuhan Bena, berjumlah 11 track lines menggunakan *side scan sonar* dengan frekuensi 325 kHz. Hasil yang didapatkan melalui pemrosesan adalah mosaik dengan georeferensi gambar raster GeoTIFF dengan sistem koordinat UTM dengan proyeksi WGS 1984. Tekstur dasar laut berupa kerikil yang bergelombang mempunyai nilai hambur balik 13824 mV sampai 23680 mV, pasir 8832 mV sampai 13312 mV, tekstur riak sedimen 17792 mV sampai 32640 mV, tekstur dasar laut akibat aktivitas pengerukan 8000 mV-19330 mV, tekstur area gundukan sebesar 32640 mV, tekstur singkapan batuan 7680 mV sampai 9984 mV, dan 14845 mV sampai 23552 mV. Puncak

magnitudo dari setiap tekstur menghasilkan koefisien *wavelet* dengan intensitas warna merah, menunjukkan tekstur dasar laut yang lebih kasar, kompleks, dan padat. Sedangkan tekstur dasar laut yang relatif datar dan material fisiknya halus memiliki nilai magnitudo yang rendah, ditunjukkan warna biru.

**Kata Kunci**— geometrik, hambur balik, radiometrik, *side scan sonar*, tekstur, *wavelet*.

## I. PENDAHULUAN

Pengetahuan mengenai morfologi dasar laut saat ini mulai berkembang pesat dengan adanya teknologi untuk mengetahui kedalaman, morfologi, dan struktur dasar perairan. Pada masa sekarang alat pemerum gema (*echosounder*) digunakan untuk kepentingan ilmiah, antara lain digunakan untuk mempelajari proses perambatan suara pada medium air yang mampu memberikan informasi karakteristik dasar perairan, komunikasi, dan penentuan posisi di perairan. Prinsip dasar dari sistem akustik adalah menggunakan suara untuk mendeteksi atau menemukan objek yang secara khusus berada di laut [1]. Amplitudo dari sinyal pantul (*echo*) dapat memberikan beberapa informasi mengenai dasar perairan maupun target dasar laut [2]. Menurut Capus *et al.* [3], dari semua penginderaan jauh yang tersedia untuk aplikasi bawah air, metode akustik memiliki cakupan frekuensi mulai orde Hz hingga MHz, jauh lebih fleksibel dan banyak digunakan.

Di Indonesia, studi mengenai kondisi dasar perairan meliputi topografi, struktur, dan tekstur dasar laut sangat dibutuhkan. Hal ini membantu dalam penyediaan informasi geospasial, eksplorasi laut dan perikanan, serta pembangunan infrastruktur laut. Sifat-sifat dasar laut seperti relief dan komposisi material penyusunnya dibutuhkan untuk berbagai keperluan seperti pemetaan pipa dan kabel bawah laut, pembangunan pelabuhan dan jembatan di laut, penentuan jalur aman pelayaran, pemetaan habitat dasar laut, eksplorasi minyak dan mineral di dasar laut, daerah penangkapan ikan, dan sebagainya.

Teknologi *side scan sonar* dalam pemetaan dasar laut dapat menghasilkan tampilan kenampakan permukaan dasar suatu perairan dan target secara bersamaan. Teknologi ini merupakan penginderaan jauh akustik untuk pemetaan sedimen dan struktur dasar laut [4]. *Side scan sonar* merekam energi gelombang akustik yang dipancarkan oleh hambur balik dasar laut secara *orthogonal* dengan mengikuti jalur trek [5]. Instrumen ini mampu membedakan besar kecil partikel penyusun permukaan dasar laut seperti batuan, lumpur, pasir, kerikil, atau tipe-tipe dasar perairan lainnya [6].

Teknologi pencitraan dasar laut ini menyediakan area luas dengan *high resolution* [7]. Semakin besar nilai frekuensi maka resolusi data yang dihasilkan akan semakin tinggi akan tetapi area cakupannya semakin sempit [8]. Metode survei

<sup>1</sup>Dosen, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan FPIK IPB, Kampus IPB Dramaga Bogor 16680 INDONESIA (telp: 0251-8623644; fax: 0251-8623644; e-mail: henrymanik@ipb.ac.id)

<sup>2</sup>Mahasiswa, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan FPIK IPB, Kampus IPB Dramaga Bogor 16680 INDONESIA.

<sup>3</sup>Peneliti, Dinas Hidrooseanografi TNI AL Jl. Pantai Kuta V No.1, Ancol Timur, Jakarta Utara, DKI Jakarta INDONESIA, (telp: 021-64714810).

hidroakustik sebagai teknologi pemetaan dasar laut membutuhkan analisis kualitatif dan kuantitatif secara cepat mampu menentukan morfologi dan struktur dari dasar laut. *Side scan sonar* frekuensi tinggi sering digunakan dalam pemetaan dasar laut secara kualitatif dengan tujuan utama untuk menentukan lokasi fitur dan objek pada dasar laut [9]. Pengaruh dari intensitas *backscatter* tergantung pada tipe, magnitudo, dan orientasi dari kekasaran dasar perairan yang dapat mendeskripsikan dasar laut [10], [11].

Kajian mengenai tekstur dasar laut merupakan keperluan mendasar dalam hal penyediaan informasi spasial untuk kegiatan perencanaan dan pengambilan keputusan yang berkaitan dengan informasi kondisi dasar laut. Penelitian ini dilakukan di area alur masuk Pelabuhan Benoa untuk melakukan investigasi dan mengetahui tekstur dasar laut sebagai penentuan jalur aman pelayaran. Hal ini penting dilakukan karena pengenalan yang lebih mendalam terhadap lingkungan laut sangat perlu dalam investigasi dasar perairan. Penerapan koreksi geometrik dan radiometrik dibutuhkan untuk meningkatkan kualitas citra. Pemrosesan sinyal hambur balik hasil pencitraan dan kuantifikasi tekstur dasar laut penting dilakukan guna mendukung interpretasi data pencitraan *side scan sonar* baik secara kualitatif maupun kuantitatif beberapa morfologi dan karakteristik fisik dasar perairan.

Penelitian dalam makalah ini bertujuan melakukan visualisasi dan interpretasi secara kualitatif dan kuantitatif hasil pengolahan dengan koreksi data citra *side scan sonar* dan menentukan nilai *acoustic backscatter* (hambur balik akustik) tekstur dasar laut serta analisis karakteristik sinyal hambur balik menggunakan transformasi *wavelet* kontinyu.

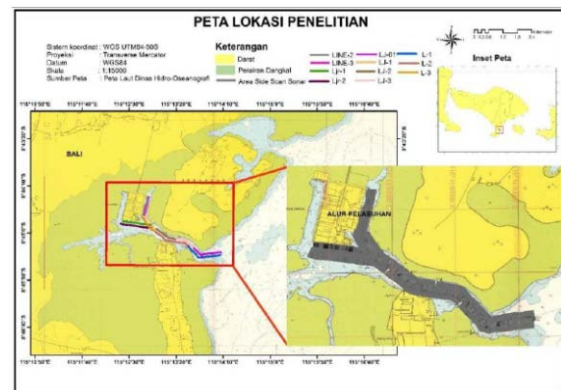
## II. METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Juni hingga September 2015. Lokasi kajian berada di alur masuk Pelabuhan Benoa, Bali, seperti diperlihatkan pada Gbr. 1. Data yang digunakan merupakan hasil survei dan pemetaan yang dilakukan bersama Dinas Hidro Oseanografi TNI AL. Lokasi ini dibagi pada area kolam dermaga dan alur masuk pelabuhan. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Komputasi Data Akustik Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan FPIK IPB dan Laboratorium Pengolahan Data Dishidros TNI AL.

Peralatan yang digunakan adalah Instrumen *side scan sonar* C-MAX CM2 *Digital Towfish*, laptop berbasis Windows yang sudah terinstalasi perangkat lunak seperti MaxView, SonarWiz 5, XtfToSegy, Seisee, Ms.Excel, ArcGIS 10.2, dan MATLAB untuk melakukan analisis transformasi *wavelet*. Instrumen *side scan sonar* merekam data secara *real time* kondisi dasar perairan melalui sinyal suara yang dipantulkan oleh objek maupun tekstur dasar laut yang dioperasikan bersama *Differential Global Positioning System* (DGPS) Fugro Seastar 9200-G2 dengan akurasi 0.5 m sebagai penentu titik posisi survei

Data mentah yang dikeluarkan oleh instrumen sonar yang berekstensi .cm2, diubah ke dalam ekstensi .xtf menggunakan *software* MaxView. Data ekstensi .xtf ini diolah pada *software* SonarWiz 5 dengan penerapan beberapa koreksi geometrik

dan radiometrik serta proses visualisasi dan *mosaic*, sehingga menghasilkan citra tekstur dasar laut beserta penentuan objek dasar laut yang ditemukan. Nilai hambur balik (amplitudo) tekstur dasar dan objek dasar laut diolah menggunakan *software* XtfToSegy untuk mengubah *file* berekstensi .xtf menjadi *seg* agar dapat diolah menggunakan *software* Seisee untuk mengekstrak nilai amplitudo pada *trace/ping* dari tekstur ataupun objek yang ditentukan dan menyimpannya dalam bentuk *file* berekstensi .txt. Hasil ekstrak diolah menggunakan Ms.Excel untuk merapikan data sehingga dapat dilanjutkan pengolahan pada *software* MATLAB untuk mendapatkan grafik waktu-amplitudo dari tekstur dasar dan objek dasar laut. Satuan yang digunakan pada data amplitudo adalah mV.



Gbr. 1 Lokasi penelitian.

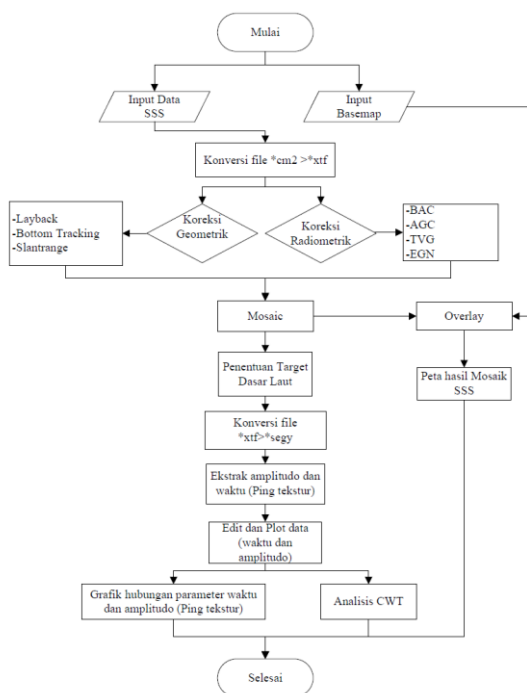
Analisis pemrosesan karakter sinyal yang khas dari tekstur dasar dan objek dasar laut menggunakan MATLAB dengan metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT). Gbr. 2 merupakan diagram alir proses komputasi data *side scan sonar*. Koreksi geometrik dan radiometrik terhadap citra dasar laut data *side scan sonar* dilakukan untuk menetapkan posisi yang sebenarnya pada *pixel* citra dasar laut dan radiometrik, berhubungan dengan intensitas hambur balik dan *digital number* yang ditetapkan pada setiap *pixel* [4], [11].

Pada koreksi geometrik dilakukan beberapa proses yaitu koreksi *bottom tracking*, *slant-range*, dan *layback*. Pada koreksi radiometrik dilakukan beberapa proses yaitu *Beam Angle Corretion* (BAC), *Automatic Gain Control* (AGC), *Empirical Gain Normalization* (EGN), *Time Varying Gain* (TVG) [12].

Koreksi *bottom tracking* dilakukan pada *track line* dengan melakukan digitasi pada area *first return* atau hambur balik pada dasar laut yang pertama dan memasukkan kecepatan suara dalam air. Koreksi *slant range* dilakukan dengan mengasumsikan permukaan dasar laut datar yaitu jarak horisontal suatu objek di dasar laut dengan titik dasar laut di bawah *towfish* (*altitude*). Hasil dari penerapan koreksi *slant range* ini akan menghilangkan *blind zone* dari setiap datum dan berpindah ke posisi yang representatif dari dasar laut yang sebenarnya [13].

Tahap Mosaik merupakan pengolahan data *side scan sonar* dengan menggabungkan semua data citra (*pixels*) di sepanjang jalur *track lines* yang dilalui instrumen menjadi satu atau beberapa dengan sebuah georeferensi gambar raster *Tagged*

*Image File Format* (GeoTIFF) [14]. Visualisasi dari data *side scan sonar* pada *track lines* dengan mosaik dan beberapa penerapan koreksi mampu memberikan kualitas dari data citra yang dihasilkan *side scan sonar*, sehingga mampu meningkatkan interpretasi secara kualitatif kenampakan tekstur dasar laut beserta objek yang ditemukan. Hasil mosaik ditampilkan dalam bentuk sistem koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM) dengan proyeksi WGS 1984 [2]. Pengolahan lanjutan setelah dilakukan visualisasi data *side scan sonar* melalui mosaik dari *track lines* disertai penerapan beberapa koreksi yang dilakukan yaitu analisis sinyal akustik dari tekstur atau target dasar laut. Nilai hambur balik didapatkan melalui ekstrak nilai amplitudo dan waktu dari *ping* target. Nilai tersebut diperoleh dengan pengolahan *software* Seisee yaitu dengan memilih *ping/trace sample* pada tekstur atau target dasar laut yang ditemui dan menyimpan data *ping/trace sample* dengan ekstensi *trcae sample text file*. Nilai hambur balik dari dasar laut kemudian dibedakan berdasarkan jenisnya dan diolah menggunakan MATLAB.



Gbr. 2 Komputasi data *side scan sonar*.

Analisis *wavelet* dilakukan untuk pemrosesan karakteristik sinyal dari hambur balik tekstur dan target dasar laut yang ditemukan. Sinyal akustik dalam *side scan sonar* termasuk sinyal nonstasioner, maka analisis *wavelet* cocok digunakan dalam pemrosesan karakteristik sinyal hambur balik. Analisis *wavelet* merupakan alat yang ampuh dan populer untuk analisis sinyal nonstasioner [15]. Klasifikasi dari citra *side scan sonar* merupakan dasar dalam mengamati tekstur dasar perairan. Karakteristik citra dapat diketahui dengan melakukan analisis *wavelet* [16]. Analisis data *side scan sonar* dilakukan menggunakan transformasi *wavelet* untuk memperoleh data dengan domain waktu-frekuensi dari data *time series* amplitudo.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

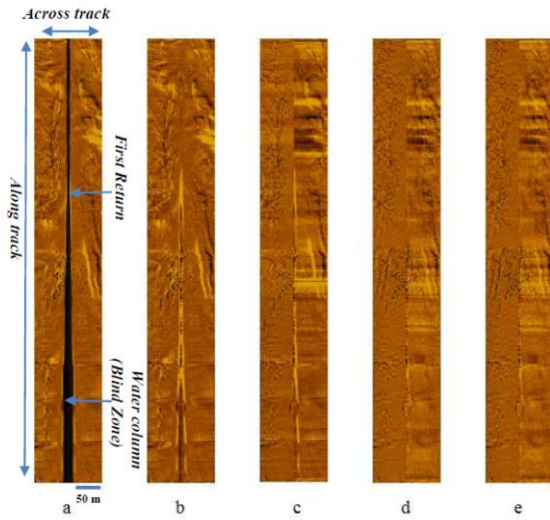
Area kajian *side scan sonar* yang berjumlah empat *track lines* meliputi daerah kajian alur pelabuhan, kolam dermaga barang, dan kolam dermaga umum. Kondisi area kolam pelabuhan dan alur pelabuhan telah mengalami beberapa proses pengerukan dan pendalaman guna mendukung keamanan dan keselamatan kapal yang melewati alur pelabuhan dan berlabuh di area kolam pelabuhan. Area alur pelabuhan memiliki jumlah *ping* akustik yang berbeda, yaitu L-1: 3186 *ping*, L-2: 2982 *ping*, L-3: 2415 *ping*, dan L-4: 3228 *ping*. *Global Positioning System* (GPS) yang digunakan adalah Fugro Seastar 9200-G2 dengan akurasi mencapai 0.5 m menggunakan *Differential Global Positioning System* (DGPS), dengan referensi global menggunakan sistem GPS/GLONASS sehingga mendukung penentuan posisi instrumen *side scan sonar* [17].

Hasil pemrosesan disajikan pada Gbr. 3 sampai dengan Gbr. 6. Lintasan yang ditampilkan pada gambar tersebut adalah area dermaga umum dan alur masuk pelabuhan. Bagian *Raw data* citra *side scan sonar* menunjukkan bagian dari sisi kiri (*port*) dan sisi kanan (*starboard*), serta pada bagian tengah terdapat *blindzone*. Penerapan koreksi yang dilakukan berpengaruh terhadap kualitas data *side scan sonar* yang dihasilkan. Hasil pemrosesan data citra *side scan sonar* dengan koreksi geometrik meliputi penerapan koreksi *bottom tracking*, *slant range*, dan *layback* (*a*) serta koreksi radiometrik meliputi penerapan koreksi *Beam Angle Correction* (*b*), *Automatic Gain Control* (*c*), *Time Varying Gain* (*d*), dan *Empirical Gain Normalization* (*e*).

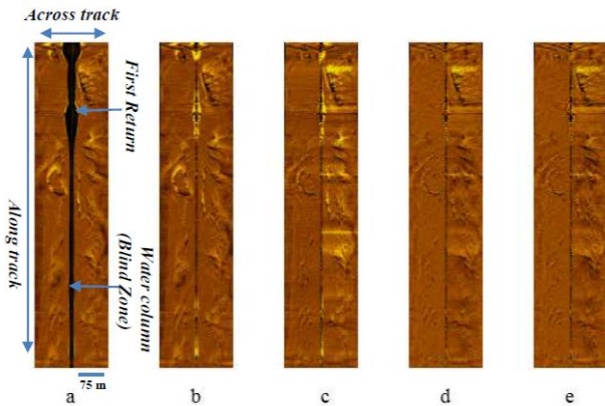
Pada bagian Gbr. 3a, Gbr. 4a, Gbr. 5a, dan Gbr. 6a citra *side scan sonar* tanpa koreksi menunjukkan hasil pencitraan dasar laut setelah mengirimkan gelombang akustik. Sejumlah *pixel* hanya terdapat pada kedua sisi nadir (*center of the swath*) area *port* dan *starboard*. Pada sisi nadir tidak berisi informasi tentang permukaan dasar laut (*blind zone*). *Pixel* nadir sebenarnya menggantikan sisi sebagai fungsi dari kolom air atau ketinggian (*towfish altitude*) alat ke dasar laut [18]. Ketinggian diberikan oleh gema signifikan pertama yang diterima pada setiap baris *scan* [4]. Pada gambar-gambar tersebut terlihat area yang memiliki gradasi warna terang maupun gelap. Variasi dari warna gelap dan terang pada citra *side scan sonar* menunjukkan energi hambur balik yang dihasilkan dari dasar laut. Warna terang akan menunjukkan nilai hambur balik yang tinggi sedangkan warna gelap menunjukkan nilai hambur balik yang rendah [12], [19].

Hasil penerapan *slant range correction* pada bagian Gbr. 3b, Gbr. 4b, Gbr. 5b, dan Gbr. 6b dari citra yang disajikan merupakan koreksi terhadap masalah geometris dari pencitraan dasar laut. Koreksi ini menghasilkan bagian *blind zone* dari citra di setiap *track lines* menjadi hilang. Menurut Milkert dan Fiedler [4], sebelum dilakukan koreksi tersebut citra *side scan sonar* mengalami distorsi geometri pada lintasan yang dilewati dan harus diperbaiki untuk kemiringan (*obliqueness*). Wilayah *blind zone* dari setiap datum pada citra telah tertutupi karena adanya perpindahan tiap bagian citra pada posisi yang representatif dari dasar laut. Posisi dari setiap *pixel* pada citra yang dihasilkan *side scan sonar* dipetakan

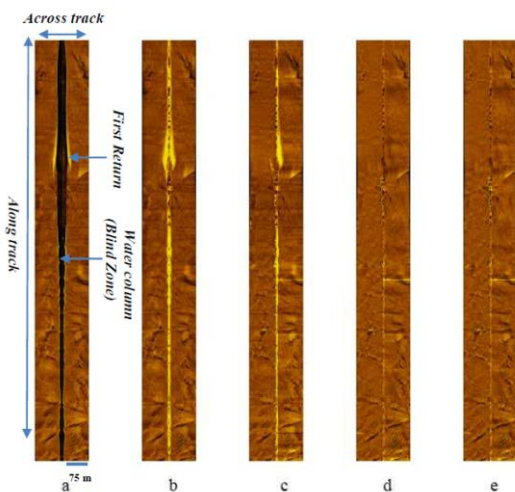
kembali ke posisi yang sebenarnya dengan komputasi dari kecepatan suara dan waktu kembali yang dicapai *array* sonar dengan ketinggian (*towfish altitude*) dan mengasumsikan dasar laut adalah bidang datar [2], [20].



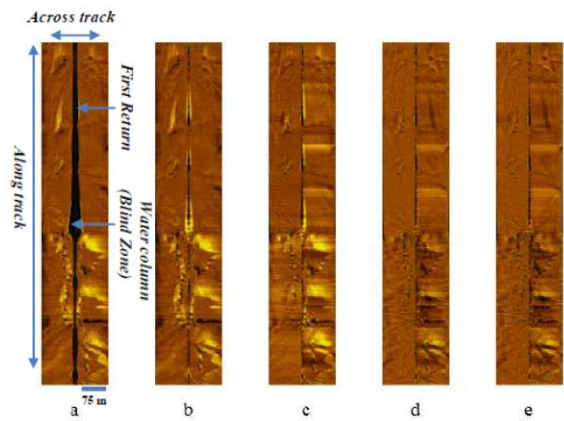
Gbr. 3 Lintasan L-1 kolom dermaga umum.



Gbr. 4 Lintasan L-2 alur masuk pelabuhan.



Gbr. 5 Lintasan L-3 alur masuk pelabuhan.



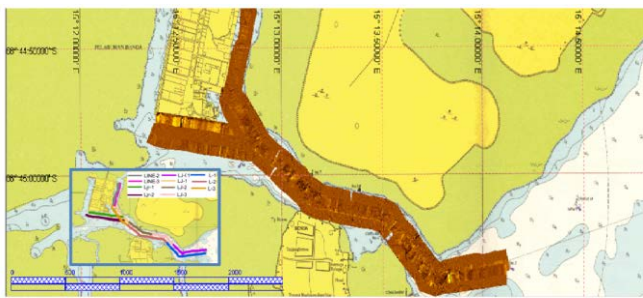
Gbr. 6 Lintasan L-4 alur masuk pelabuhan.

Nilai hambur balik yang kuat dari setiap citra yang telah terkoreksi *slant range* terdapat pada bagian tengah, terlihat pada intensitas warna lebih terang. Intensitas hambur balik dari pola *beam* yang terbentuk secara keseluruhan dikendalikan oleh pengembalian sudut (*grazing angle*). *Grazing angle* merupakan sudut di mana pulsa akustik mengenai topografi dasar laut [3], [13]. Hal ini menyebabkan area *first return* memiliki intensitas hambur balik jauh lebih kuat dibandingkan dengan area terluar dari lintasan *sidescan sonar*. Semakin ke arah luar maka energi akan berkurang, sehingga dibutuhkan penerapan koreksi *beam angle*. Gbr. 3c, Gbr. 4c, Gbr. 5c, dan Gbr. 6c merupakan hasil pemrosesan pada citra *side scan sonar* setelah dilakukan penerapan *beam angle correction*. Keseluruhan gambar menunjukkan pengaruh dari sudut di sepanjang daerah sapuan pada dasar laut akibat jarak yang berbeda mampu dikurangi dengan *beam angle correction*, sehingga tampak intensitas pada daerah tengah sapuan (*center of the swath*) yang sebelumnya memiliki hambur balik yang kuat dapat berkurang. Koreksi ini termasuk ke dalam bagian koreksi radiometrik yang berpengaruh pada *digital number* yang ditetapkan pada setiap *pixel* dalam citra. Jumlah dari energi sonar yang menyentuh dasar laut akan bervariasi dengan jarak dari *towfish* tersebut dan sudut di mana gelombang sonar dapat memenuhi semua dasar laut (*grazing angle*) juga bervariasi. Penerapan *automatic gain control* (AGC) dan *Time Varying Gain* (TVG) mampu mengurangi atenuasi dengan jarak dan efek lainnya. Variasi dari hambur balik yang dihasilkan saat sinyal akustik yang diterima lebih rendah daripada yang ditransmisikan mempengaruhi intensitas citra. TVG digunakan sebagai pengoreksi efek tersebut untuk meningkatkan amplifikasi [2],[21].

Pada Gbr. 3d, Gbr. 4d, Gbr. 5d, dan Gbr. 6d citra *side scan sonar* sudah mengalami perubahan pada bagian yang terlihat memiliki intensitas yang tinggi. Selain itu, penerapan *Empirical Gain Normalization* (EGN) akan berpengaruh terhadap *gain* yang dinormalisasi pada *pixel* di citra tersebut. Intensitas yang paling kuat pada citra sebelum dikoreksi berada di area tepat dibawah *towfish*. Semakin jauh posisinya, maka akan berkurang intensitasnya, dapat dilihat dari warna yang tampak terang dan gelap. Pada Gbr. 3e, Gbr. 4e, Gbr. 5e,

dan Gbr. 6e terlihat citra *side scan sonar* dari tekstur dasar laut bebas dari anomali.

Mosaik yang dihasilkan melalui penerapan koreksi geometrik dan radiometrik dengan sebuah georeferensi format gambar raster GeoTIFF ditampilkan dalam bentuk sistem koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) Zona 50S dengan proyeksi WGS 1984. Dasar dari semua sistem *mosaicing* adalah melakukan koreksi *slant range* dan menghilangkan kolom air dari data sonar. Data yang dihasilkan kemudian diplot dengan memperhatikan posisi dan arah *towfish* pada peta berskala dari dasar laut [22]. Mosaik citra *side scan sonar* dilakukan untuk mendapatkan visualisasi dari data *side scan sonar* dan melihat kenampakan permukaan dasar laut yang terekam. Pada visualisasi data *side scan sonar* pada kenampakan tekstur dasar laut terlihat bagian yang lebih kasar dan halus. Bagian yang memiliki tekstur kasar akan memberikan sinyal hambur balik yang lebih kuat dan intensitas warna yang cerah dibandingkan dengan kenampakan tekstur yang halus dengan intensitas warna gelap yang mewakili daerah dengan hambur balik rendah. Dua parameter utama yang berpengaruh terhadap nilai hambur balik adalah kekasaran/tekstur dan kepadatan dari jenis penutup permukaan, yaitu batu, pasir, atau jenis biologis di dasar laut [23]. Gbr. 7 merupakan hasil akhir dari mosaik citra *side scan sonar* dari 11 *track lines*.



Gbr. 7 Hasil mosaik *side scan sonar*.

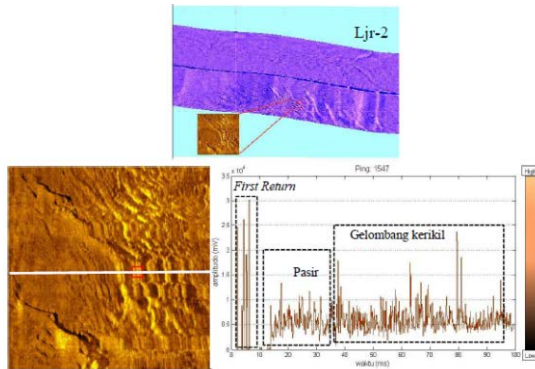
Tekstur dasar laut yang dijadikan kajian secara kuantitatif dalam analisis nilai hambur balik meliputi dasar laut yang memiliki homogenitas dan kompleksitas. Sinyal digital yang diperoleh dari *side scan sonar* umumnya berupa amplitudo dalam domain waktu. Nilai hambur balik dari tekstur dasar laut didapatkan dan diproses dari ekstrak *ping* pada area tekstur dasar laut. Pada satu *ping* terdapat informasi waktu (ms) dan amplitudo (mV) yang diproses menggunakan *Ms.Excel* dan *MATLAB* untuk menampilkan sebuah grafik. Kekerasan dan kekasaran dari tekstur dasar laut berpengaruh terhadap nilai hambur balik, dan juga kepadatan serta jarak sudut pemancaran dari *towfish* ke dasar laut. Dasar laut yang datar dan memiliki tekstur halus mengembalikan *ping* insiden dengan bentuk sebagian besar tidak berubah, sedangkan dasar laut yang memiliki kompleksitas akan mengembalikan *ping* insiden dengan bentuk puncak dan lembah dari grafik yang menunjukkan tingkat kekerasan atau kekasaran dari tekstur dasar laut. Hasil kajian tekstur dasar laut dan nilai amplitudo hambur balik disajikan pada Gbr. 8 dan Gbr. 9. Gbr. 8 menunjukkan tekstur dasar laut dan grafik hambur balik

gelombang kerikil dan pasir (*Gravel Wave and Sand*). Gambar tersebut menunjukkan tekstur dasar laut berupa gelombang kerikil dan pasir, yaitu kompleksitas dasar laut yang tersusun atas pasir sisi kiri dan kerikil di sisi kanan pada citra. Pada gambar juga nampak bagian gelombang kerikil yang terbentuk pada dasar laut terlihat lebih cerah sisi kanan di citra dibandingkan dengan tekstur berupa pasir sisi kiri citra. Area gelap pada bagian gelombang kerikil merupakan bayangan (*shadow*) dari puncak tekstur yang terekam pada citra yang memiliki tingkat hambur balik lebih rendah dibandingkan dengan puncak dari tekstur dasar laut yang terbentuk. Bagian sisi kiri citra terlihat lebih datar dan memiliki warna lebih sama rata. Tingkat energi hambur balik dapat dilihat pada grafik pada sumbu *x* menunjukkan waktu (ms) dan sumbu *y* adalah amplitudo (mV). Fluktuasi pada grafik pada Gbr. 8 menunjukkan area *first return* daerah yang dekat dengan *towfish* mencapai 30208 mV. Area *first return* merupakan area pengembalian sinyal akustik yang pertama dari dasar laut dan memberikan nilai yang lebih besar. Hambur balik tekstur gelombang kerikil (*gravel wave*) pada grafik memperlihatkan pola yang sesuai dengan citra yaitu terjadi puncak pada tekstur yang terang dan lembah pada tekstur yang gelap, dengan nilai kisaran hambur balik 13824 mV sampai 23680 mV, sedangkan pada hambur balik pasir (*sand*) yang terdapat di sisi kiri mencapai 8832 mV sampai 13312 mV. Gelombang kerikil memiliki tingkat *backscatter* lebih tinggi dan teksturnya yang lebih kasar dan kasar, sedangkan pasir memiliki tingkat *backscatter* lebih rendah dengan tekstur lebih halus dan tampak terorganisir [24].

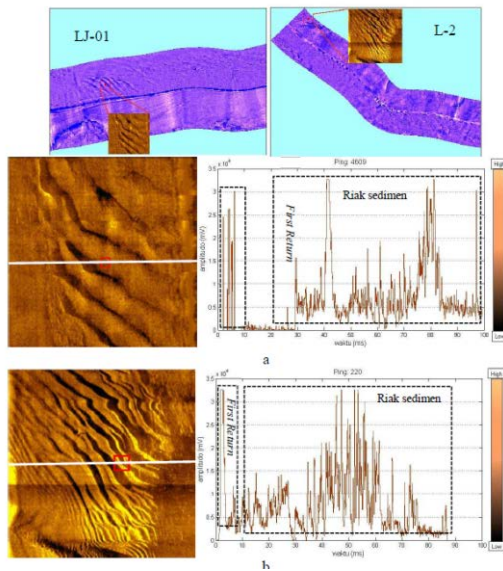
Gbr. 9 menunjukkan tekstur dasar laut berupa riak sedimen (*sediment ripples*), yaitu dasar laut yang tersusun atas sedimen yang membentuk seperti riak yang bergelombang. Tingkat energi hambur balik dapat dilihat dari grafik, dengan sumbu *x* menunjukkan waktu (ms) dan sumbu *y* adalah amplitudo (mV). Perbedaan Gbr. 9a dan Gbr. 9b terdapat pada pola tekstur yang terbentuk adanya kerapatan dari bentuk riak pada sedimen tersebut. Pada tekstur Gbr. 9a terlihat puncak dan lembah cukup lebar dibandingkan pada Gbr. 9b. Hal ini mempengaruhi bentuk grafik hambur balik yang dihasilkan dari tekstur tersebut. Pada tekstur riak sedimen diperlihatkan area gelap dan terang di setiap puncak dan lembah yang terbentuk. Intensitas warna gelap tersebut menunjukkan area bayangan yang memiliki hambur balik lebih rendah terlihat lebih gelap dibandingkan dengan area puncak. Bayangan pada tekstur dapat mengindikasikan tinggi dari puncak tekstur dasar laut yang terbentuk. Bayangan pada citra menunjukkan bentuk yang lebih kompleks [2].

Pada grafik nilai hambur balik dari Gbr. 9a area *first return* mencapai 30080 mV, sedangkan pada Gbr. 9b pada area *first return* memiliki nilai sebesar 32640 mV. Area ini merupakan pengembalian pertama dari sinyal akustik yang mengenai dasar perairan pertama kali. Perbedaan nilai hambur balik tersebut disebabkan oleh kondisi dasar perairan, kedalaman, dan jarak dari *towfish* dengan dasar perairan. Nilai hambur balik pada tekstur riak sedimen yang terbentuk sebesar 17792 mV sampai 32640 mV. Pola yang terbentuk dari tekstur dasar laut yang direpresentasikan grafik hambur balik Gbr. 9b

memperlihatkan bentuk yang cukup sesuai dengan kerapatan dari riak sedimen yang terbentuk. Variasi hambur balik pada *across-track* citra *side scan sonar* dipengaruhi oleh respons sudut atau arah interaksi sinyal akustik dengan dasar laut di berbagai sudut insiden. Karena perbedaan ini, intensitas hambur balik dekat dengan nadir atau tegak lurus dengan *towfish* umumnya lebih tinggi dari pada bagian luar dari sapuan, karena perbedaan pemantulan akustik dekat nadir dan hamburan sapuan di luar [10],[23],[25].



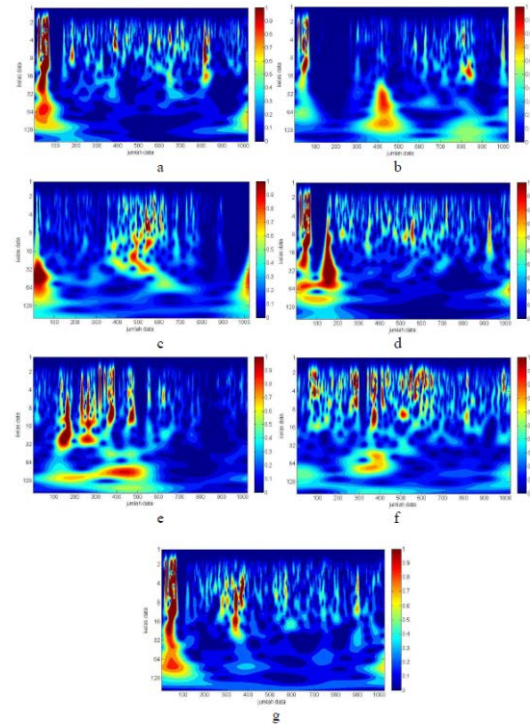
Gbr. 8 Citra dasar laut Ljr-2 dan analisis sinyal.



Gbr. 9 Citra dasar laut LJ-01 L-2 dan analisis sinyal.

Hasil yang disajikan pada Gbr. 10 merupakan analisis karakteristik sinyal tekstur dasar laut melalui transformasi *wavelet* tipe *Morlet*, yang memiliki jumlah data 1024 dalam satu *ping* dengan waktu 0-99 ms. Skala yang digunakan 1:1:99 yaitu setiap hasil *wavelet* dimulai dari skala 1 sampai dengan 99 dengan perubahan nilai tiap 1 satuan. Sumbu x merupakan faktor translasi yang memuat informasi jumlah data 1024 pada satu *ping* tekstur dasar laut dalam rentang waktu 99 ms, dan sumbu y merupakan faktor skala yang memuat informasi kelas data dalam waktu 99 ms. Setiap bentuk tekstur dasar laut memberikan hasil gambar transformasi *wavelet* yang berbeda-beda dengan magnitudo dari koefisien *wavelet*. Hal ini dicirikan dengan adanya perubahan gradasi warna dengan

intensitas warna merah yang menunjukkan bahwa tekstur dasar laut memberikan energi hambur balik yang kuat, sedangkan warna biru menunjukkan energi hambur balik yang rendah.



Gbr. 10 Citra dasar laut menggunakan transformasi wavelet.

Tampilan transformasi *wavelet* yang dihasilkan oleh tekstur dasar laut yang memiliki material fisik yang kasar dan keras cenderung menunjukkan warna merah, sedangkan material fisik yang lebih halus akan menunjukkan warna biru. Gbr. 10a merupakan hasil transformasi *wavelet* pada tekstur gelombang kerikil dan pasir. Rentang data 0-100 menunjukkan area dengan magnitudo yang tinggi. Area tersebut merupakan area *first return* yang berada tepat dibawah *towfish* sehingga memberikan nilai hambur balik yang tinggi dan ditunjukkan dengan magnitudo yang tinggi dengan gradasi warna merah. Area pasir memiliki magnitudo sedang, yaitu berada pada kisaran rentang data 180-400, sedangkan rentang data 400-850 adalah area gelombang kerikil dengan magnitudo lebih tinggi dibandingkan dengan pasir. Magnitudo terendah terdapat pada rentang data 100-180. Transformasi *wavelet* ideal untuk analisis sinyal beresolusi termodulasi, karena analisis transformasi *wavelet* memberikan perkiraan amplitudo sesaat dan fase sesaat dari sinyal di sekitar masing-masing lokasi waktu/skala [26].

Gbr. 10b dan Gbr. 10c merupakan hasil transformasi *wavelet* pada tekstur riak sedimen. Masing-masing tekstur pada rentang data 0-100 memiliki magnitudo cukup tinggi. Hal ini terjadi sama dengan pada Gbr. 10a, yaitu area *first return*. Pada area puncak dan lembah dari sedimen terlihat perbedaan magnitudo yang ditunjukkan pada Gbr. 10b. Rentang data 300-600 dan 700-900 merupakan area puncak dengan warna merah, sedangkan rentang data 100-300 dan

600-700 merupakan area lembah dengan warna biru. Gbr. 10c memiliki area puncak dan lembah lebih rapat dan menghasilkan magnitudo sedang pada rentang data 100-350, magnitudo tinggi pada rentang data 350-700, sedangkan area magnitudo terendah pada rentang data 800-950. Kekasaran dan kepadatan dari tekstur dasar laut sangat berpengaruh terhadap nilai amplitudo sehingga sinyal akustik yang merepresentasikan hambur balik tekstur akan memiliki magnitudo yang berbeda pada hasil analisis *wavelet*.

Gbr. 10d dan Gbr. 10e merupakan hasil transformasi *wavelet* pada tekstur aktivitas pengerukan. Area *first return* pada Gbr. 10d masih berkisar pada rentang data 0-100, berbeda dengan Gbr. 10e di mana area *first return* tidak terlalu kuat. Namun, rentang data 100-200 merepresentasikan area pinggiran kerukan atau gundukan yang memiliki magnitudo tinggi. Gbr. 10d pada rentang data 100-120 memiliki magnitudo rendah yang merepresentasikan area *shadow*. Rentang data 120-200 memberikan magnitudo yang tinggi. Hal tersebut sesuai dengan tekstur dari pinggiran kerukan yang terjadi membentuk gundukan dengan kekasaran yang cukup memberikan hambur balik tinggi. Area kerukan memberikan magnitudo sedang dengan warna kuning kemerahan. Pada hasil transformasi *wavelet* berada pada kisaran rentang data 200-900. Gbr. 10e pada area kerukan berada pada rentang data 200-500, memberikan magnitudo yang cukup tinggi dengan warna sebagian besar didominasi dengan merah. Magnitudo terendah terdapat pada area yang bertekstur datar yang berada pada rentang data 600-1024. Nilai-nilai koefisien *wavelet* ini mengalami penurunan energi total gema *backscatter* ketika berubah dari dasar laut yang keras ke halus [19],[20],[21]. Gbr. 10f dan Gbr. 10g merupakan hasil transformasi *wavelet* pada tekstur singkapan batuan dan sedimen. Gbr. 10f pada rentang data 100-700 memberikan magnitudo yang tinggi dengan dominasi warna merah. Hal ini sesuai dengan area singkapan pada sedimen dasar laut yang cenderung memberikan hambur balik tinggi. Rentang data 700-1024 menunjukkan area sedimen yang datar dengan magnitudo yang rendah sesuai dengan hasil transformasi warna yang ditunjukkan dengan warna biru. Gbr. 10g pada rentang data 0-100 menunjukkan area *first return* yang memberikan magnitudo tinggi. Area singkapan batuan terdapat pada rentang data 250-400 dengan magnitudo tinggi, sedangkan pada rentang data 400-1024 terdapat area sedimen yang tidak rata dengan hasil *wavelet* warna kuning dan biru terang, yang memberikan magnitudo sedang. Masing-masing sinyal pada umumnya mendefinisikan lokasi puncak kurva amplitudo dan fase dan dapat diestimasi dengan transformasi *wavelet* [15],[22],[26].

#### IV. KESIMPULAN

Makalah ini telah menghasilkan visualisasi dan interpretasi secara kualitatif dan kuantitatif pada citra *side scan sonar* dengan koreksi geometrik, meliputi penerapan koreksi *bottom tracking*, *slant range*, dan *layback* serta koreksi radiometrik yang meliputi penerapan koreksi *Beam Angle Correction (BAC)*, *automatic gain control (AGC)*, *Time Varying Gain (TVG)*, dan *Empirical Gain Normalization (EGN)*. Melalui

mosaik dan grafik, nilai hambur balik tekstur dasar laut serta analisis karakteristik sinyal hambur balik menggunakan transformasi *wavelet* menunjukkan bahwa tekstur dasar laut yang memiliki kompleksitas dan kekasaran memiliki hambur balik yang tinggi, sedangkan pada bagian tekstur yang relatif datar dan halus memiliki hambur balik lebih rendah. Tekstur dasar laut antara lain gelombang kerikil memiliki nilai hambur balik 13824 mV-23680 mV, sedangkan pasir memiliki nilai 8832 mV-13312 mV. Tekstur riak sedimen memiliki hambur balik minimum 17792 mV dan maksimum 32640 mV. Aktivitas pengerukan pada tekstur area kerukan nilai hambur baliknya berkisar 8000 mV sampai 19330 mV, dan pada tekstur area gundukan sebesar 32640 mV. Tekstur singkapan batuan dan sedimen dengan dua tekstur yang berbeda pada singkapan batuan memiliki nilai hambur balik 7680 mV sampai 9984 mV dan 14845 mV sampai 23552 mV serta pada bagian sedimen memiliki nilai hambur balik 5376 mV sampai 9472 mV. Hasil analisis karakteristik sinyal melalui transformasi *wavelet* menunjukkan magnitudo dari setiap tekstur dengan melihat intensitas warna merah menunjukkan tekstur dasar laut yang lebih kasar, kompleks dan padat, sedangkan tekstur dasar laut yang relatif datar dan material fisiknya halus memiliki nilai magnitudo yang rendah ditunjukkan warna biru.

Untuk penelitian yang akan datang, perlu dilakukan pengambilan sampel dasar laut untuk validasi tekstur dasar dan tipe tekstur pada morfologi dasar laut, serta rekonstruksi 3D citra *side scan sonar*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, dan Dinas Hidro Oseanografi (Dishidros) TNI AL atas bantuan pada kegiatan penelitian yang dilakukan.

#### REFERENSI

- [1] Hansen, R.E., *Introduction to synthetic aperture sonar, in Sonar Systems*. First Edition. InTech, Croatia. Hal. : 1-25, 2011.
- [2] Blondel, P., *The Handbook of Sidescan Sonar*. Springer, Praxis.Chichester. UK, 2009.
- [3] Capus, C.G., A.C. Banks, E. Coiras, I. Tena Ruiz, C.J. Smith, dan Y.R. Petillot, "Data correction for visualisation and classification of sidescan SONAR imagery", *The Institution of Engineering and Technology, Vol. 2, No. 3*, pp. 155-169/155, 2008.
- [4] Milkert, D. dan H.M. Fiedler, "Processing and mosaicking digital side scan sonar images: two examples from the western Baltic Sea", *Baltica*, 15: 40-48, 2002.
- [5] Chabane, A.N., B. Zerr, G.L. Chenadec, "Range-independent segmentation of sidescan sonar images with unsupervised SOFM algorithm (self-organizingfeature maps)", *Proceedings of the 11th European Conference on Underwater Acoustics*, Edinburgh, UK, 2012.
- [6] Bartholoma, A., "Acoustic bottom Detection and Seabed Classification in the German Bight, Southern North Sea", *Geo-Mar Lett*, 26: 177-184, 2006.
- [7] Kenny, A.J, I. Cato, M. Desprez, G. Fader, R.T.E. Schüttenhelm, dan J. Side, "An overview of seabed-mapping technologies in the context of marine habitat classification", *ICES Journal of Marine Science* (60): 411-418, 2003.
- [8] MacLennan, D.N. dan E.J. Simmonds, *2th Fisheries Acoustic: Theory and Practice*. Blackwell Science, Oxford. UK, 2005.
- [9] Collier, J.S. dan Brown, C.J., "Correlation of sidescan backscatter with grain size distribution of surficial seabed sediments", *Marine Geology*, 214: 431-449, 2005.

- [10] Ferrini, V.L. dan R.D. Flood, "The effect of fine-scale surface roughness and grain size on 300 kHz multibeam backscatter intensity in sandy marine sedimentary environments", *Marine Geology* 228, 153-172, 2006.
- [11] Kagesten, G., "Geological Seafloor Mapping with Backscatter Data From A Multibeam Echo Sounder", Thesis, Gothenburg University, Swedia, 2008.
- [12] Chavez, P.S. Jr., J. Isbrecht, P. Galanis, G.L. Gabel, S.C. Sides, D.L. Soltesz, S.L. Ross, dan M.G. Velasco, "Processing, mosaicking and management of the Monterey Bay digital sidescan-sonar images", *Marine Geology*, 181: 305-315, 2002.
- [13] Chang, Y.C., Hsu, S.K., Tsai, C.H., "Sidescan Sonar Image Processing: Correcting Brightness Variation and Patching Gaps", *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 18, No.6, pp. 785-789, 2010.
- [14] Penrose, J.D., P.J.W. Siwabessy, A. Gavrilov, I. Parnum, L.J. Hamilton, A. Bickers, B. Brooke, D.A. Ryan, P. Kennedy, "Acoustic techniques for seabed classification", *Cooperative Research Center for Coastal Zone Estuary and Waterway Management: Technical Report 32*, Curtin University, Australia Barat, 2005.
- [15] Lilly, J.M. dan S.C. Olhede, "Higher-Order Properties of Analytic Wavelet", *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol.57, no.1, 2009.
- [16] Gustiawan, H., "Komputasi Data Side Scan Sonar Klein 3000 untuk Identifikasi Target Dasar Laut", Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2012.
- [17] Fugro. (2015), Seastar 9200-G2 Receiver User Manual. [Online] [http://www.fugro-seastar.com/home/support/B12320700PMBRA19200G2 User Manual Seastar.pdf](http://www.fugro-seastar.com/home/support/B12320700PMBRA19200G2%20User%20Manual%20Seastar.pdf), tanggal akses: 20 Agustus 2015.
- [18] Reed S., I. Tena Ruiz, C. Capus, dan Y. Petillot, "The Fusion of Large Scale Classified Side-Scan Sonar Image Mosaics", *IEEE transactions on image processing*, vol. 15, no. 7, 2006.
- [19] Moszyński M, A. Stepnowski, dan Z. Lubniewski, "Multi-Frequency Analysis of Seabed Echoes Using Wavelet Transform", *Proceedings of the 2nd EAA International Symposium on Hydroacoustics*. Gdańsk-Jurata, Poland, 1999.
- [20] Tian W.M., "Side scan sonar Techniques for The Characterization of Physical Properties of Artificial Benthic Habitats", *Brazilian Journal of Oceanography*, 59: 77-90, 2011.
- [21] Combes J.A., A. Grossmann, dan Tchamitchian, Eds. *Wavelet , Time-Frequency Methods and Phase Space*. Springer-Verlag, 315 pp., 1989.
- [22] C-MAX Ltd. 2010. CM2 *Sidescan Sonar, Towfish Specification*. UK. Davies J, Baxter J, Bradley M, Connor D, Khan J, Murray E, Sanderson W, Turnbull C, Vincent M. 2001. Marine Monitoring Handbook. Joint Nature Conservation Committee. UK.
- [23] Fedi M., Primiceri R., Quarta T., Villani A.V., "Joint application of continuous and discrete wavelet transform on gravity data to identify shallow and deep sources", *Geophys. J. Int.*, 156, 7-21, 2004.
- [24] Graps A., *An Introduction to Wavelets*, *IEEE Computational Science and Engineering*, vol.2, num.2, IEEE Computer Society, Los Alamitos - CA, USA, 1995.
- [25] Hsueh D.Y., "Development of Sidescan Sonar Image Mosaicing Software" [Thesis], Institute Of Applied Marine Physics and Undersea Technology, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan, 2007.
- [26] Weinberg C., J. Dannenberg, dan D. Hebbeln, "The fate of dumped sediments monitored by a high-resolution multibeam echosounder system, Weser Estuary, German Bight", *Geo-Mar.Lett.*, 24:22-31, 2004.