TUGAS AKHIR - RG141536

IDENTIFIKASI RERUNTUHAN DERMAGA PADA DASAR LAUT MENGGUNAKAN *SUB-BOTTOM PROFILER* DAN *SIDE SCAN SONAR* (STUDI KASUS: PELABUHAN KHUSUS PT HOLCIM, TUBAN)

Syafiqoh Rahmania
NRP 033116 40000 104

Dosen Pembimbing
Danar Guruh Pratomo ST., MT., Ph.D
Mohammad Rohmaneo Darminto ST., M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR - RG141536

IDENTIFIKASI RERUNTUHAN DERMAGA PADA DASAR LAUT MENGGUNAKAN *SUB-BOTTOM PROFILER* DAN *SIDE SCAN SONAR* (Studi Kasus: Pelabuhan Khusus PT. Holcim, Tuban)

Syafiqoh Rahmania
NRP 033116 40000 104

Dosen Pembimbing
Danar Guruh Pratomo ST., MT., Ph.D
Mohammad Rohmaneo Darminto ST., M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

“***Halaman ini sengaja dikosongkan***”

FINAL ASSIGNMENT - RG141536

IDENTIFICATION OF JETTY DEBRIS ON THE SEABED USING SUB-BOTTOM PROFILER AND SIDE SCAN SONAR
(Case Study: Special Port of PT. Holcim, Tuban)

Syafiqoh Rahmania
NRP 033116 40000 104

Supervisor
Danar Guruh Pratomo ST., MT., Ph.D
Mohammad Rohmaneo Darminto ST., M.Sc

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

“***Halaman ini sengaja dikosongkan***”

IDENTIFIKASI RERUNTUHAN DERMAGA PADA DASAR LAUT MENGGUNAKAN *SUB-BOTTOM PROFILER* DAN *SIDE SCAN SONAR* (STUDI KASUS: PELABUHAN KHUSUS PT HOLCIM, TUBAN)

Mahasiswa	: Syafiqoh Rahmania
NRP	: 033116 40000 104
Departemen	: Teknik Geomatika FTSPK – ITS
Pembimbing	: 1. Danar Guruh Pratomo ST., MT., Ph.D 2. M Rohmaneo Darminto ST., M.Sc

ABSTRAK

Pada bulan Januari 2019, dermaga pada Pelabuhan Khusus PT. Holcim runtuh sepanjang 200 m akibat kapal tongkang bermuatan batu bara menabrak dermaga tersebut. Reruntuhan dermaga yang jatuh ke dasar laut dibersihkan untuk keperluan pembangunan dermaga baru pada lokasi yang sama. Namun, masih ditemukan sisa reruntuhan dermaga pada dasar laut yang menghalangi proses pembangunan dermaga baru. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengecekan dasar laut untuk mengetahui posisi reruntuhan dermaga yang masih berada pada dasar laut. Selain untuk mengetahui posisi runtuhan, pengecekan dasar laut juga bertujuan untuk mengidentifikasi ketebalan dan luasan dari runtuhan tersebut.

Pada penelitian ini, pengukuran dimensi reruntuhan dermaga dilakukan dengan survei hidrografi menggunakan side-scan sonar (SSS) dan survei seismik menggunakan sub-bottom profiler (SBP). Data SBP digunakan untuk pengukuran ketebalan runtuhan dermaga, sedangkan data SSS digunakan untuk menganalisis pola persebaran runtuhan dermaga serta menghitung luasan dari runtuhan tersebut.

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis, didapatkan model sebaran reruntuhan dermaga dengan total luas runtuhan sebesar

1.668 m². Ditemukan sebanyak 49 reruntuhan dermaga di atas permukaan dasar laut dengan ketebalan rata-rata 0,8 m. Selain itu juga ditemukan reruntuhan dermaga di bawah permukaan dasar laut sebanyak 14 runtuhan dengan ketebalan rata-rata 1,25 m. Data yang dihasilkan dari SBP maupun SSS keduanya menunjukkan reruntuhan dermaga mayoritas terdapat pada bagian tengah serta sisi barat dermaga.

Kata kunci: Side Scan Sonar, Sub-Bottom Profiler, runtuhan dermaga

IDENTIFICATION OF JETTY DEBRIS ON THE SEABED USING SUB-BOTTOM PROFILER AND SIDE SCAN SONAR

(STUDY CASE: SPECIAL PORT OF PT HOLCIM, TUBAN)

Name	: Syafiqoh Rahmania
NRP	: 033116 40000 104
Department	: Teknik Geomatika FTSPK – ITS
Advisory Lecturer	: 1. Danar Guruh Pratomo ST., MT., Ph.D 2. M Rohmaneo Darminto ST., M.Sc

ABSTRACT

In January 2019, the jetty at Holcim Private Port collapsed along the 200 m due to coal-loaded barges crashing into the jetty. The ruins of the jetty that fell to the seabed were cleaned for the purposes of building a new jetty at the same location. However, still found the rest of the jetty ruins on the seabed that obstruct the process of building a new jetty. Therefore, it is necessary to check the the seabed to determine the position of the jetty ruins that are still on the seabed. In addition to knowing the position of the collapse, checking the seabed also aims to identify the thickness and extent of the collapse.

In this study, measurement of the dimensions of the jetty ruins were carried out by hydrographic survey using a side-scan sonar (SSS) and seismic survey using a sub-bottom profiler (SBP). SBP data is used to measure the thickness of the jetty ruins, while the SSS data are used to analyze the distribution pattern of jetty ruins and calculate the extent of the collapse.

Based on the results of processing and analysis, obtained a model of the distribution of jetty ruins with a total collapse area of

1,668 m². There were 49 jetty ruins on the seabed with an average thickness of 0.8 m. In addition, there were also 14 ruins of the jetty beneath the seabed, with an average thickness of 1.25 m. Data generated from SBP and SSS both show that the majority of the jetty ruins are found in the center and the west side of the pier.

Keywords: Side Scan Sonar, Sub-Bottom Profiler, Jetty Ruins

LEMBAR PENGESAHAN

IDENTIFIKASI RERUNTUHAN DERMAGA PADA DASAR LAUT MENGGUNAKAN *SUB-BOTTOM PROFILER* DAN *SIDE SCAN SONAR* (STUDI KASUS: PELABUHAN KHUSUS PT HOLCIM, TUBAN)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
SYAFIQOH RAHMANIA
NRP. 033116 40000 104

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Danar Guruh Pratomo ST., MT., Ph.D ( )
   NIP. 198005072003121001
2. Mohammad Rohmaneo Darminto ST., M.Sc ( )
   NIP. 1990201911078

SURABAYA, AGUSTUS 2020

“***Halaman ini sengaja dikosongkan***”

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan kegiatan penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir (TA) yang berjudul **Identifikasi Reruntuhan Dermaga Pada Dasar Laut Menggunakan *Sub-Bottom Profiler* dan *Side Scan Sonar* (Studi Kasus: Pelabuhan Khusus Pt Holcim, Tuban)**.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir, banyak pihak memberikan bantuan secara moral maupun material sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian ini dengan baik dan lancar. Atas segala bantuan dan dukungan tersebut, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
2. Bapak Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D., selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika FTSPK-ITS sekaligus dosen pembimbing.
3. Bapak Mohammad Rohmaneo Darminto, S.T, M.Sc., selaku dosen pembimbing.
4. Mbak Farras G17 serta Mas Fauzan G16 yang selalu penulis jadikan tempat bertanya selama penelitian.
5. Semua pihak yang telah berperan penting dalam penelitian ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan masukan sebagai pembelajaran pagi penulis untuk perbaikan di kemudian hari. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, 1 Juli 2020
Penulis

“***Halaman ini sengaja dikosongkan***

DAFTAR ISI

ABSTRAK v
LEMBAR PENGESAHAN ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR TABEL xv
BAB I 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan 2
1.5 Manfaat 3
BAB II 5
2.1 Survei Hidrografi 5
2.2 *Side Scan Sonar* 7
2.3 Survei Seismik 12
2.4 Sub-Bottom Profiler 13
2.5 Model 3 Dimensi 17
2.6 Penelitian Terdahulu 20
BAB III 23
3.1 Lokasi Penelitian 23
3.2 Data dan Peralatan 24
3.2.1 Data 24
3.2.2 Peralatan 24
3.3 Metodologi Penelitian 24

3.3.1 Tahap Persiapan 26
3.3.2 Tahap Pengolahan dan analisis data 26
BAB IV 31
4.1 Hasil dan Analisa Side Scan Sonar 31
4.2 Hasil dan Analisa Sub-Bottom Profiler 37
4.2.1 Identifikasi Runtuhan Dermaga 41
4.2.2 Pemodelan 3D Sebaran Runtuhan Dermaga 49
BAB V 51
5.1 Kesimpulan 51
5.2 Saran.....51
DAFTAR PUSTAKA 52
LAMPIRAN 55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Koreksi pengukuran kedalaman..... 6
Gambar 2.2 Ilustrasi Survei *Side Scan Sonar*..... 8
Gambar 2.3 Citra Side Scan Sonar 10
Gambar 2.4 Pembentukan bayangan akustik.....11
Gambar 2.5 Prinsip Kerja Survei Seismik.....13
Gambar 2.6 Pemasangan berbagai jenis sistem SBP 15
Gambar 2.7 Hasil survei SBP tipe chirp (atas) dan boomer (bawah) 16
Gambar 2.8. *Gridding* dengan metode *Inverse Distance* 19
Gambar 2.9 *Gridding* dengan metode Local Polynomial.....19
Gambar 2.10 *Gridding* dengan metode *Data Metrics*.....19
Gambar 2.11 Tampilan modul *Ortho Image* 20
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Tugas Akhir 23
Gambar 3.2. Diagram alir pelaksanaan penelitian 25
Gambar 3.1 Diagram alir tahap pengolahan 27
Gambar 4.1. Data SSS sebelum dikoreksi.....31
Gambar 4.2. Hasil *slant range correction*.....32
Gambar 4.3. Hasil akhir pemrosesan citra bawah laut.....33
Gambar 4.4. Objek 1 runtuhan dermaga 34
Gambar 4.5. Objek 2 runtuhan dermaga 35
Gambar 4.6. Objek 3 runtuhan dermaga 35
Gambar 4.7 Permukaan dasar laut tanpa derau.....36
Gambar 4.8. Peta Sebaran Runtuhan Dermaga.....37
Gambar 4.9 Data awal SBP 38
Gambar 4.10. Data SBP sebelum dilakukan *swell correction*.....39
Gambar 4.11. Data SBP sesudah dilakukan *swell correction* 40
Gambar 4.12. Ilustrasi perbedaan kondisi dasar laut 42
Gambar 4.13. Penampang permukaan dasar laut sisi barat dermaga.....43
Gambar 4.14. *seabed* sisi barat yang sudah diidentifikasi 44
Gambar 4.15. *seabed* sisi barat yang sudah diidentifikasi 44
Gambar 4.16. Penampang *seabed* pada jalur tengah dermaga 45

Gambar 4.17. Penampang *seabed* sisi tengah yang sudah diinterpretasi.....45
Gambar 4.18. Penampang 2 *seabed* sisi tengah dermaga.....46
Gambar 4.19. Penampang 2 *seabed* sisi tengah yang sudah diinterpretasi.....46
Gambar 4.20. Penampang *seabed* sisi utara 47
Gambar 4.21. Penampang seabed sisi utara yang sudah diinterpretasi.....47
Gambar 4.22. Penampang *seabed* sisi selatan 48
Gambar 4.23. Penampang seabed sisi selatan yang sudah diinterpretasi.....48
Gambar 4.24. Model 3D sebaran runtuhan dermaga 50

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang. Salah satu tipe dermaga adalah tipe *jetty* yang merupakan dermaga yang menjorok ke laut dengan tujuan untuk menambah kedalaman tempat kapal berlabuh berdasarkan kriteria *draft* kapal (Siliwangi dkk., 2014). Tipe dermaga *jetty* biasanya dihubungkan oleh jembatan penghubung berupa *trestle, causeway* atau kombinasi keduanya (Mutiara, 2018). Dermaga pada Pelabuhan Khusus PT Holcim di Tuban merupakan dermaga bertipe *jetty* dengan jembatan penghubung berupa *trestle*. Dilansir dari harian Times Indonesia, pada Bulan Januari lalu *jetty* tersebut runtuh pada bagian *trestle* sepanjang 200 m yang diakibatkan oleh kapal tongkang bermuatan batubara yang menabrak dermaga. Runtuhan dermaga pada dasar laut kemudian dikeruk untuk keperluan pembangunan kembali dermaga baru pada lokasi yang sama.

Setelahnya perlu dilakukan pengecekan permukaan dasar laut untuk mengetahui posisi runtuhan dermaga yang masih tersisa, serta untuk mengetahui dimensi dari runtuhan yang perlu diwaspadai pada dasar perairan. Pengecekan dapat dilakukan dengan survei hidrografi dengan instrumen *side scan sonar* (SSS) serta survei seismik dengan instrumen *sub-bottom profiler* (SBP). Survei hidrografi berfungsi untuk mendapatkan gambaran bentuk permukaan topografi dasar perairan (*seabed surface*) (Poerbandono & Djunasjah, 2005). Dengan instrumen *side scan sonar*, didapatkan informasi citra bawah laut untuk kemudian dapat diinterpretasi sehingga menghasilkan informasi bawah laut (Wijonarko, Sasmito, & Nugraha, 2016). Survei seismik dengan

sub bottom profiler berfungsi untuk mengetahui lapisan permukaan dasar laut, sehingga dengan instrumen ini akan terlihat perbedaan antara runtuhan dermaga yang tersisa dengan lapisan *seabed* yang sesungguhnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifkasi reruntuhan dermaga yang masih terdapat pada lokasi dermaga lama. Untuk mempermudah identifikasi dilakukan pembuatan model 3 dimensi (3D) dari hasil survei SBP dan SSS. Dari model 3D tersebut diharapkan dapat diketahui lokasi-lokasi yang masih terdapat reruntuhan dermaga untuk menjadi pertimbangan dalam perencanaan pembangunan dermaga baru pada Pelabuhan Khusus PT Holcim di Tuban.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Bagaimana model sebaran reruntuhan dermaga yang dihasilkan dari data *sub bottom profiler* (SBP) dan *side scan sonar* (SSS)?
b. Bagaimana profil kedalaman, ketebalan serta posisi dari tiap runtuhan pada bawah perairan pelabuhan?

1.3 Batasan Masalah

a. Daerah penelitian ini adalah dermaga pada pelabuhan khusus PT Holcim Indonesia Tbk di Desa Glondonggede, Kecamatan Tambakboyo, Kabupaten Tuban.
b. Data yang digunakan adalah data *sub-bottom profiler* dan *side scan sonar*.
c. Yang diidentifikasi pada penelitian ini adalah reruntuhan dermaga serta permukaan bawah laut (*seabed*) itu sendiri.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

a. Menyajikan model sebaran reruntuhan dermaga pelabuhan khusus PT. Holcim dari data SBP dan SSS.

b. Identifikasi ketebalan serta posisi dari tiap runtuhan pada dasar perairan.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Mengetahui daerah yang masih terdapat reruntuhan dermaga
b. Model sebaran reruntuhan dermaga serta peta citra bawah laut yang dihasilkan dapat dijadikan pertimbangan dalam perencanaan pembangunan dermaga baru.

"Halaman Ini Sengaja Dikosongkan"

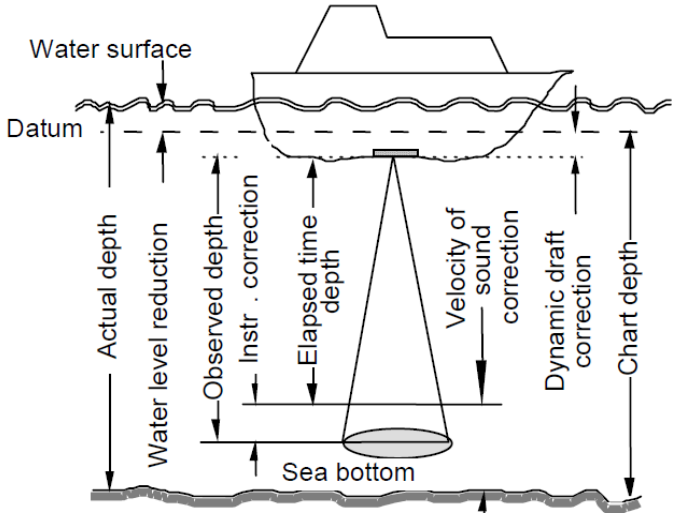
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Survei Hidrografi

Definisi hidrografi menurut *International Hydrographic Organization* (IHO) adalah cabang ilmu terapan yang berkaitan dengan pengukuran dan deskripsi fitur fisik laut, laut, wilayah pesisir, danau dan sungai, serta prediksi evolusi mereka, untuk tujuan utama keselamatan navigasi dan semua tujuan dan kegiatan laut lainnya, termasuk pembangunan ekonomi, keamanan dan pertahanan, penelitian ilmiah, dan perlindungan lingkungan. Fenomena dasar laut yang disebutkan di atas dapat diketahui dengan kegiatan survei hidrografi atau disebut juga pemeruman. Agar memenuhi syarat kualitas peta batimetri yang baik, dijelaskan pada publikasi khusus SP-44 tahun 2008, bahwa survei hidrografi harus mengacu pada standar minimum ketelitian dari IHO.

Poerbandono dan Djunasjah (2005) menyebutkan bahwa survei hidrografi (pemeruman) adalah proses dan aktivitas yang ditunjukkan untuk memperoleh gambaran bentuk permukaan topografi dasar perairan (*seabed surface*). Pada survei hidrografi pengukuran kedalaman dilakukan secara simultan dengan pengukuran posisi vertikalnya menggunakan alat ukur kedalaman dengan gelombang akustik, sedangkan pengukuran posisi horizontalnya menggunakan prinsip penentuan posisi dengan GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Selain hal tersebut, survei hidrografi juga dipengaruhi oleh dinamika air laut berupa pasang surut air laut sehingga sulit untuk menentukan objek yang sama pada waktu yang berbeda. Dengan demikian pada pengukuran kedalaman dasar laut perlu dilakukan tiga pengukuran sekaligus pada waktu yang bersamaan yaitu pengukuran kedalaman, pengukuran posisi alat ukur kedalaman dan pengukuran pasang surut.

Salah satu metode pemeruman adalah dengan penggunaan gelombang akustik (termasuk pegukuran kedalaman, arus dan sedimen). Metode ini mampu memetakan dasar perairan berdasarkan nilai hambur balik dan koefisien refleksi dari tipe dasar perairan tersebut (Solikin 2017). Sistem pengukuran dengan metode ini dilakukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan oleh sinyal akustik dari transduser ke dasar perairan dan kembali ke transduser. Kedalaman yang diukur adalah antara transduser dan beberapa titik pada bagian bawah reflektif akustik. Akan tetapi, data kedalaman yang didapatkan dari pengukuran tersebut belum merupakan nilai kedalaman yang sebenarnya. Data kedalaman dari hasil pengukuran harus dikoreksi dengan pasang surut, draft tranduser, serta referensi vertikal yang digunakan. Ilustrasi untuk melakukan koreksi kedalaman dijelaskan pada Gambar 2.1. Pada penelitian ini, instrumen dengan gelombang akustik yang digunakan adalah *Side-Scan Sonar* (SSS).

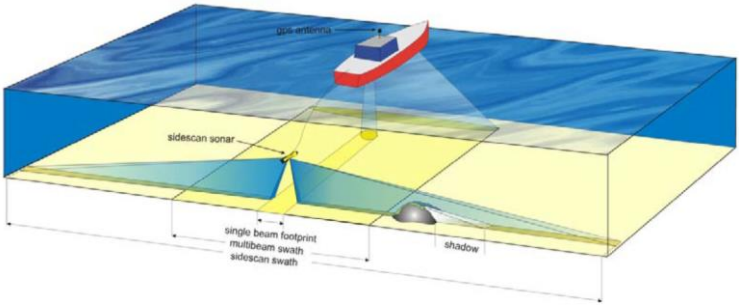


Gambar 2.1 Koreksi pengukuran kedalaman
(de Jong dkk. 2010)

Data batimetri yang dihasilkan dari pemeruman berupa gambaran bentuk permukaan (topografi) dasar perairan. Gambaran dasar perairan dapat disajikan dalam garis-garis kontur atau model permukaan digital. Garis-garis kontur kedalaman diperoleh dari interpolasi titik-titik pengukuran kedalaman. Kerapatan titik pengukuran bergantung pada skala model yang hendak dibuat. Semakin rapat titik pengukuran, maka data batimetri yang dihasilkan akan semakin baik. Titik-titik pengukuran kedalaman berada pada lajur-lajur pengukuran kedalam yang disebut sebagai lajur perum atau *sounding line* (Poerbandono dan Djunasjah 2005). Data batimetri dalam penelitian ini berperan peting untuk mendapatkan informasi nilai kedalaman permukaan dasar laut.

2.2 *Side Scan Sonar*

Pemeruman biasanya tidak hanya dilakukan dengan echosounder tapi juga dengan side scan sonar untuk mendapatkan informasi kenampakan dasar laut yang disurvei. Menurut Aziz (2011) dalam Wijonarko dkk. (2016*) side scan sonar* adalah suatu sistem yang terdiri dari transduser dengan arah miring beserta unit perekamnya yang dapat digunakan untuk memberikan informasi citra bawah laut untuk kemudian dapat diinterpretasi sehingga menghasilkan informasi bawah laut. *Side scan sonar* (SSS) merekam energi gelombang akustik yang dipancarkan oleh hambur balik dasar laut secara orthogonal dengan mengikuti jalur trek (Chabane 2012 dalam Manik, Junaedi, & Harsono 2016), seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.2. Instrumen SSS ini mampu membedakan besar kecil partikel penyusun permukaan dasar laut seperti batuan, lumpur, pasir, kerikil, atau tipe-tipe dasar perairan lainnya (Manik, Junaedi, & Harsono 2016).



Gambar 2.2 Ilustrasi Survei *Side Scan Sonar*
(Penrose dkk. 2005)

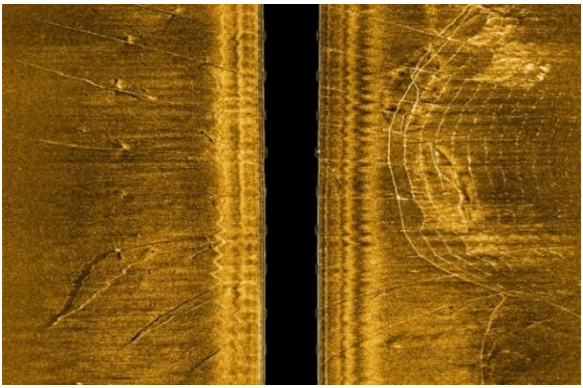
SSS bekerja dengan cara memancarkan gelombang akustik untuk menentukan jenis sedimen dan objek-objek yang berada di permukaan dasar laut. SSS memiliki beberapa komponen utama, yaitu transduser pada *towfish* dengan pancaran miring dan sebuah unit perekam yang dipasang di atas kapal yang berfungsi merekam citra grafis yang terbentuk dari jejak gema yang menggambarkan keadaan dasar laut dalam bentuk sonograf. Karena tranduser dipasang sedemikian rupa, maka hasil dasar laut yang tersapu dalam sebuah lajur penyapuan merupakan suatu jalur yang terdiri dari hasil visualisasi kedua transduser bagian *port* (kiri) dan *starboard* (kanan) dengan bagian yang tidak tersapu di tengahnya. Umumnya meningkatnya frekuensi akan meningkatkan resolusi gambar yang diperoleh (Blondel 2009 dalam Wijonarko dkk 2016).

Ketinggian *towfish* merupakan posisi *towfish* terhadap permukaan dan dasar laut. Ketinggian towfish di atas dasar laut merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi tampilan sonar. *Towfish* yang terlalu tinggi dari dasar laut mengakibatkan hilangnya gambar yang baik karena adanya celah di antara *side lobes*, sedangkan *towfish* yang terlalu rendah akan mengurangi rentang citra. Umumnya jarak antara *towfish* dan dasar

perairan sebesar 10%-20% dari jarak antara kapal dan dasar perairan (Sari 2009).

Side scan sonar mampu membedakan besar kecil partikel penyusun permukaan dasar laut seperti batuan, lumpur, pasir, kerikil, atau tipe-tipe dasar perairan lainnya (Manik, Junaedi, & Harsono 2016). Hal ini karena SSS menggunakan prinsip hambur balik (*backscatter)* akustik dalam mengindikasi atau membedakan kenampakan bentuk dasar laut atau objek di dasar laut (Ferriska 2017). Pengaruh dari intensitas *backscatter* tergantung pada tipe, magnitudo, dan orientasi dari kekasaran dasar perairan yang dapat mendeskripsikan dasar laut. Material seperti besi, bongkahan, atau batuan vulkanik sangat efisien dalam merefleksikan pulsa akustik. Sedimen halus seperti tanah liat, lumpur tidak merefleksikan pulsa suara dengan baik (*backscatter* lemah). Reflektor kuat akan menghasilkan pantulan *backscatter* yang kuat sedangkan reflektor lemah menghailkan *backscatter* yang lemah. Dengan pengetahuan akan karakteristik ini, pengguna SSS dapat menguji komposisi dasar laut atau objek dengan mengamati pengembalian kekuatan akustik.

Citra yang dihasilkan dari alat ini pada umumnya menghasilkan gambaran monokrom. Hasil tersebut menampakkan tingkat kecerahan pada permukaan dasar laut; semakin cerah gambaran permukaan dasar laut maka semakin keras objek tersebut, sebaliknya semakin gelap gambaran permukaan yang dihasilkan menandakan bahwa objek tersebut berupa objek lunak. Variasi warna dari warna gelap dan terang pada citra SSS menunjukan energi hambur balik yang dihasilkan dari dasar laut (Chavez dkk 2002 dalam Manik dkk. 2016).

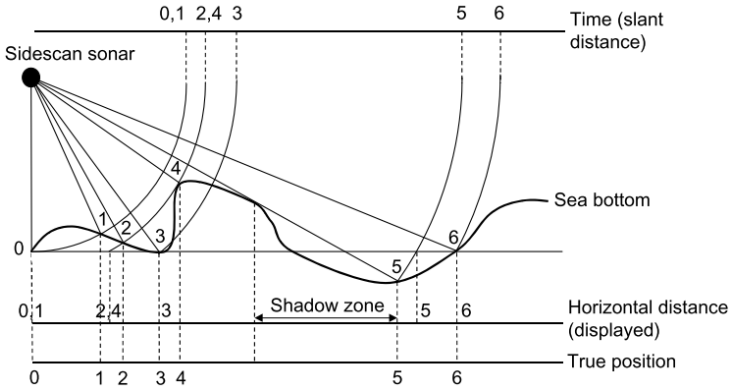


Gambar 2.3 Citra Side Scan Sonar
(Klein Marine Systems Inc 2018)

Penerapan koreksi geometrik dan radiometrik dibutuhkan untuk meningkatkan hasil citra. Koreksi geometrik merupakan koreksi terhadap masalah geometris dari pencitraan dasar laut. Koreksi ini menyebabkan bagian *blind zone* dari citra di setiap *track lines* menjadi hilang. Sedangkan koreksi radiometrik berfungsi untuk memperbaiki tampilan citra. Koreksi radiometrik mempengaruhi *digital number* yang ditetapkan pada setiap piksel sehingga meningkatkan kualitas dalam citra. Koreksi geometrik dan radiometrik akan menghasilkan mosaik citra permukaan dasar laut sehingga siap untuk dilakukan kegiatan interpretasi (Manik, Junaedi, dan Harsono 2016).

Menurut Blondel (2009) ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan interpretasi citra. Ketika mengidentifikasi fitur spesifik dalam citra sonar, penting untuk mengetahui sejumlah parameter utama: resolusi sistem, rentang target, kedalaman di bawah sonar, konteks geologis (seperti lautan dalam, landas kontinen, dll). Selain itu bayangan juga sering kali sangat membantu dalam mengidentifikasi objek. Hal tersebut dikarenakan variasi ketinggian terkecil di dasar laut akan membuat

bayangan akustik jauh lebih besar dari objek yang tersapu oleh sinyal akustik (Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Pembentukan bayangan akustik
(de Jong dkk, 2010)

Interpretasi saat *post processing* dapat dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Interpretasi secara kualitatif dilakukan untuk mendapatkan sifat fisik material dan bentuk objek, baik dengan mengetahui derajat kehitaman (*hue saturation*), bentuk (*shape*) maupun ukuran (*size*) dari objek atau target. Secara umum, berdasarkan bentuk eksternalnya, target dapat dibedakan menjadi buatan manusia (*man-made targets*) atau objek alam (*natural targets*). Pada umunya, objek buatan manusia memiliki bentuk yang tidak beraturan (Plets, Dix, & Bates 2013).

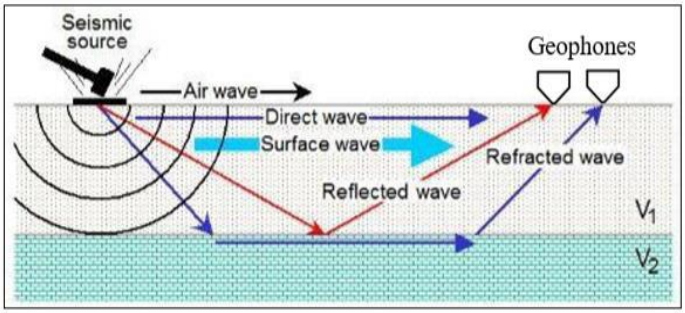
Interprestasi secara kuantitatif bertujuan untuk mendefinisikan hubungan antara posisi kapal, posisi *towfish* dan posisi objek sehingga diperoleh besaran horisontal dan besaran vertikal. Besaran horisontal meliputi nilai posisi objek ketika lintasan *towfish* sejajar dengan lintasan kapal maupun ketika lintasan dengan *towfish* membentuk sudut. Besaran vertikal

meliputi tinggi objek dari dasar laut serta kedalaman objek (Wijonarko dkk. 2016).

Pada penelitian ini terdapat dokumentasi berupa rekaman video bawah laut yang menunjukkan bahwa pada area penelitian ini terdapat runtuhan dermaga. Maka dari itu survei menggunakan SSS ini diperlukan untuk melihat kenampakan dasar laut dengan jelas. Hasil citra SSS pada penelitian ini akan digunakan untuk interpretasi dan identifikasi lokasi serta dimensi dari runtuhan dermaga yang terdapat pada atas permukaan dasar perairan di area penelitian. data tersebut juga akan diproses bersama data lapisan bawah permukaan dasar perairan yang didapatkan dari survei seismik.

2.3 Survei Seismik

Penelitian ini membutuhkan informasi mengenai kondisi lapisan di bawah permukaan dasar perairan sehingga diperlukan adanya survei seismik. Survei seismik adalah suatu kegiatan yang memanfaatkan gelombang seismik. Gelombang seismik merupakan gelombang elastik yang merambat di bumi, yang perambatannya bergantung pada sifat elastisitas medium perambatnya (Nurdiyanto dkk, 2011 dalam Rahili & Cahyono, 2018). Penjalaran sinyal gelombang pada suatu medium kemudian direfleksikan sepanjang perbedaan lapisan sedimen atau batas-batas batuan. Survei seismik memiliki tujuan utama yaitu untuk memperoleh data rekaman yang memiliki kualitas yang baik. Perbandingan sinyal refleksi terhadap sinyal *noise* (derau) merupakan faktor yang menentukan kualitas dari rekaman seismik yang diperoleh (Hasanudin 2005 dalam Amirullah 2018). Semakin banyak sinyal refleksi yang diterima maka kualitas data seismik yang dihasilkan semakin bagus, sedangkan jika derau yang diterima dari akusisi data seismik banyak maka data seismik yang dihasilkan akan memiliki kualitas yang kurang bagus.



Gambar 2.5 Prinsip Kerja Survei Seismik
(Rahili & Cahyono 2018)

Survei seismik membutuhkan beberapa peralatan untuk akuisisinya, di antaranya adalah pemancar gelombang seismik dan *receiver* yang berfungsi untuk mencatat penjalaran waktu gelombang saat mulai dipancarkan sampai diterima kembali juga kedalaman dari pemantulan energi seismik (Anderson 2002 dalam Rahili & Cahyono 2018). Salah satu teknologi akustik yang berperan dalam survei seismik untuk menentukan anomali dasar laut adalah *Sub-Bottom Profiler*.

2.4 Sub-Bottom Profiler

Sub-bottom profiler (SBP) merupakan salah satu instrumen akustik yang dapat digunakan untuk menggambarkan lapisan sedimen dan batuan di bawah permukaan dasar laut (Rohman 2005 dalam Solikin dkk. 2017). Pemetaan menggunakan SBP adalah teknik penginderaan lapisan bawah permukaan yang secara umum menggunakan alat khusus yang memancarkan gelombang akustik. Gelombang akustik yang dipancarkan memiliki sistem gelombang satu saluran (*single channel*) dan digunakan untuk menampilkan profil seismik dasar laut dangkal (Penrose dkk. 2005). Sistem akustik yang digunakan SBP sama dengan sistem akustik yang digunakan pada *single beam*

echosounder hanya saja dengan frekuensi yang lebih rendah, yaitu < = 10 kHz sehingga mampu menembus lapisan dasar laut lebih dalam dibandingkan yang dapat dijangkau *single beam echosounder* (Plets 2013 dalam Solikin dkk, 2017). Beberapa sinyal akustik akan menembus lapisan dasar dan akan dipantulkan ketika bertemu batas antara dua lapisan yang memiliki sifat keakustikan yang berbeda atau disebut impedansi akustik (*acoustic impedance*).

Impedansi akustik adalah sifat fisis batuan yang besarannya dipengaruhi oleh porositas, litologi, kandungan fluida, kedalaman, tekanan dan temperatur. Impedansi erat kaitannya dengan tingkat densitas dari material penyusun lapisan dasar laut dan nilai pada saat gelombang akustik melewati material penyusun. Saat terjadi perbedaan terhadap nilai rintangan akustik, seperti permukaan air dengan sedimen, maka bagian gelombang akustik yang ditransmisikan akan memantul. Energi yang dipantulkan terjadi ketika lapisan sedimen dibawahnya memiliki tingkat impedansi yang berbeda (Plets , Dix, & Bates 2013).

Pulsa akustik bergerak melalui kolom air (dipengaruhi oleh suhu air, sanilitas dan konsentrasi bahan tersuspensi) dan menembus dasar laut. Beberapa sinyal akustik dipantulkan dari dasar laut, sedangkan sisanya menembus dasar laut dan terpantulkan kembali ketika bertemu batas antara lapisan yang memiliki impedansi akustik yang berbeda. Impedansi akustik material tergantung pada densitas *bulk* basah sedimen, dan kecepatan gelombang (Rizqiani Putri, Warnana, & Syaifuddin, 2016)

$$z = \rho.c \qquad (2.1)$$

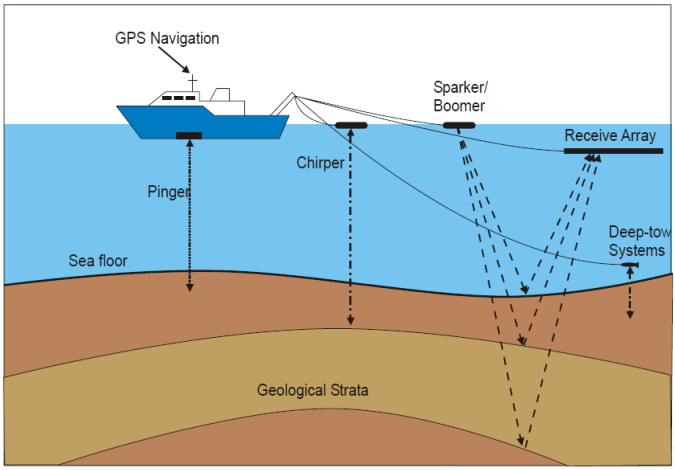
Keterangan:

z : impedansi akustik (kg/m^2s)

ρ : densitas sedimen (kg/m^3)

c : kecepatan gelombang seismik (m/s)

Sub bottom profiler bekerja dengan mentransmisikan energi suara dalam bentuk pulsa pendek ke arah dasar laut. Energi suara ini tercermin dari lapisan sedimen dasar laut dan sub-permukaan. Intensitas energi yang dipantulkan tergantung pada kepadatan sedimen yang berbeda, semakin padat (semakin keras) sedimen, semakin kuat sinyal yang dipantulkan. Sinyal yang dipantulkan kemudian bergerak kembali melalui air ke penerima (baik mikrofon yang ditarik atau transduser). Sinyal yang diterima kemudian diperkuat, diproses dan ditampilkan dalam sistem akuisisi.

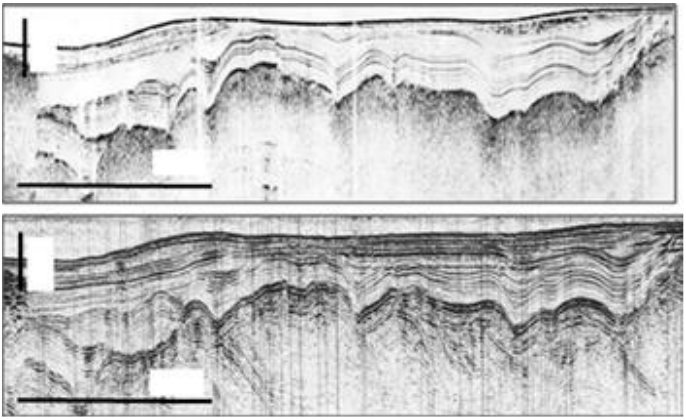


Gambar 2.6 Pemasangan berbagai jenis sistem SBP
(Penrose dkk 2005)

SBP beroperasi pada frekuensi transmisi yang berbeda dan hal ini memiliki efek pada kedalaman penetrasi akustik ke dasar laut dan resolusi yang dihasilkan. Sumber suara frekuensi rendah menghasilkan lebih banyak penetrasi akustik ke dasar laut, tetapi pada resolusi yang lebih rendah; dan sebaliknya, sistem frekuensi

yang lebih tinggi mencapai lebih sedikit penetrasi tetapi menghasilkan data resolusi yang lebih tinggi. Penetrasi sinyal selanjutnya dibatasi pada sedimen kasar atau pasir yang sangat padat. Sebagian besar sistem SBP dapat dianggap sebagai “sistem yang tidak dikalibrasi” yang membuat klasifikasi sedimen statistik dan pengukuran kuantitatif lainnya sulit untuk dihitung. Namun ada beberapa sistem SBP tertentu, yang memanfaatkan *Chirp Technology*, yang dapat dianggap sebagai "sistem yang dikalibrasi" dan hal ini dapat digunakan untuk penilaian kuantitatif dasar laut (Ramsay 2017).

Sumber seismik beresolusi tinggi dapat dibagi menjadi beberapa kategori, dan yang sering digunakan untuk perairan dangkal adalah dengan percepatan massa air (*boomer*) dan sistem bentuk gelombang terkontrol (*pinger*, *chirp*, dan parametrik) (Plets, Dix, & Bates 2013). Pilihan sumber seismik tergantung pada resolusi dan penetrasi yang diperlukan untuk survei. *Boomer* merupakan tipe SBP dengan frekuensi rendah, sedangkan *Pinger* dan *Chirp* merupakan tipe SBP dengan frekuensi tinggi.



Gambar 2.7 Hasil survei SBP tipe chirp (atas) dan boomer (bawah) (Plets , Dix, & Bates 2013)

Pemrosesan sinyal dibutuhkan dalam menganalisis data SBP karena data tersebut akan tercampur dengan *noise* atau derau dari lingkungan maupun dari instrumen akustik itu sendiri. Derau merupakan energi atau sinyal yang tidak diinginkan dan harus dihilangkan untuk mendapatkan sinyal utama yang diinginkan. Pemrosesan sinyal ditujukan untuk menghilangkan derau tersebut sehingga hanya sinyal utama yang dianalisis dan hasil klasifikasi tipe dasar perairan yang didapatkan akan akurat.

Sifat fisik dasar laut dapat diperkirakan dari analisis respons refleksi akustik, dengan kedalaman sedimen bergantung pada resolusi SBP. Banyak informasi dapat diperoleh melalui analisis reflektor SBP dan ketebalan sedimen *sub-surface*. Ketebalan suatu lapisan dapat diduga berdasarkan reflektor yang diterima SBP sampai pada lapisan reflektor tersebut hilang. Pada SBP terdapat reflektor yang berfungsi untuk memancarkan gelombang. Reflektor yang kuat akan menghasilkan gelombang pantul yang kuat sedangkan reflektor yang lemah akan menghasilkan gelombang pantul yang lemah (Lafferty, Quinn, & Breen 2006). Data yang diinterpretasikan dari sistem ini mencakup karakteristik ketebalan dan sedimen kualitatif dari berbagai lapisan sedimen yang terdiri dari lapisan bawah permukaan.

Adapun, pada penelitian ini, penentuan posisi dari pengukuran SBP dilakukan menggunakan GNSS RTK (*Real-Time Kinematic*) yang dipasang tepat di atas transduser. Metode ini menentukan posisi real-time secara diferensial menggunakan data fase. Untuk merealisasikan tuntutan *real-time* nya, stasiun referensi harus mengirimkan data fase dan pseudorange-nya ke pengguna secara *real-time* menggunakan sistem komunikasi data tertentu.

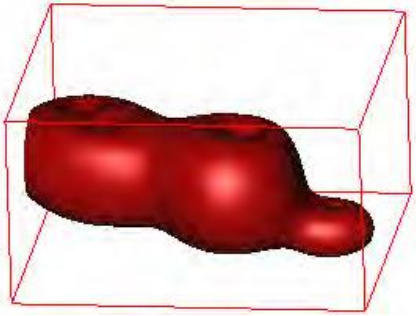
2.5 Model 3 Dimensi

Data yang diperoleh dari survei SBP selanjutnya diproses dan diolah untuk mendapatkan model 3 Dimensi (3D) dari

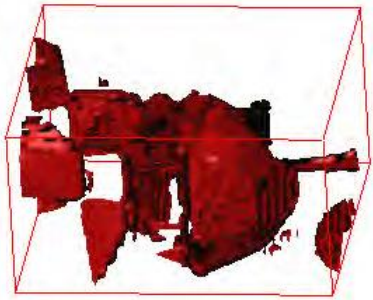
permukaan dasar laut area survei serta lapisan di bawahnya. Model 3D merupakan model virtual 3D yang divisualisasikan secara interaktif pada komputer, yang dilakukan setelah melakukan proses akuisisi data (Rahili & Cahyono, 2018). Pembuatan model 3D ini diharapkan dapat memudahkan dalam memahami suatu objek. Untuk mewujudkan hal tersebut maka model 3D harus mampu untuk merepresentasikan suatu objek dengan menyerupai bentuk sebenarnya. Pada penelitian ini pembuatan model 3D menggunakan suatu perangkat lunak yang program visualisasinya berorientasi pada *volumetric rendering* dan tampilan data tiga dimensi.

Perangkat lunak ini memiliki beberapa modul. Modul adalah kumpulan data atau proses yang akan diterapkan pada data yang sedang dikerjakan. Untuk membuat visualisasi lapisan dasar laut dan runtuhan dermaga, dibutuhkan dua modul utama yaitu *computational module* dan *graphic output*.

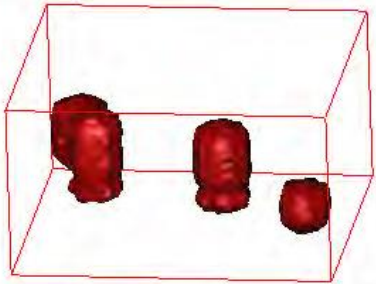
Computational module digunakan untuk proses gridding dengan menginterpolasi data XYZ yang ditempatkan secara tidak teratur ke dalam grid yang berjarak secara teratur. Gridding menentukan bagaimana interpolasi ataupun ekstrapolasi data XYZ yang akan menjadi file grid. Beberapa metode interpolasi yang dapat digunakan adalah *Inverse Distance to a Power*, *Local Polynomial*, serta *Data Metric*. Hasil *gridding* akan berbeda-beda tergantung dengan metode interpolasi yang dipilih. Perbedaan hasil tiap metode dapat dilihat pada Gambar 2.8 hingga Gambar 2.10.



Gambar 2.8. *Gridding* dengan metode *Inverse Distance*
(Golden Software 2015)

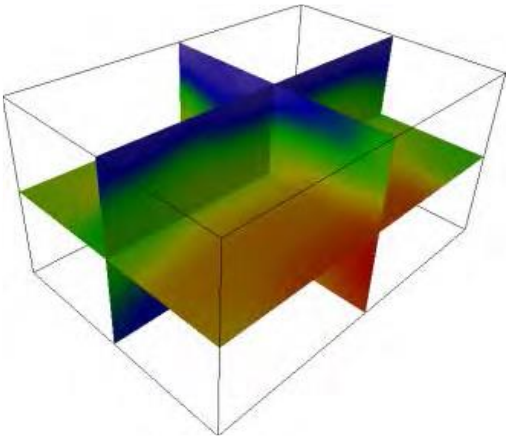


Gambar 2.9 *Gridding* dengan metode Local Polynomial
(Golden Software 2015)



Gambar 2.10 *Gridding* dengan metode *Data Metrics*
(Golden Software 2015)

Graphic output digunakan untuk meproses data agar dapat ditampilkan dalam bentuk 3D. Pada modul ini terdapat sub-modul *Ortho Image* untuk menampilkan irisan orthogonal melalui kisi yang sejajar dengan salah satu dari tiga bidang sumbu (XY, XZ, atau YZ). Irisan orthogonal ditampilkan pada Gambar 2.11 menunjukkan unsur-unsur tegak lurus sehingga batas antara lapisan seabed dan lapisan runtuhan dermaga dapat disajikan dengan baik. Modul VolRender menggunakan teknik alternatif yang disebut rendering volume untuk membuat *voxel* (*volume pixel*) secara langsung. *Volume rendering* menampilkan data tiga dimensi yang mensimulasikan transmisi dan penyerapan cahaya melalui titik-titik dalam volume, atau dalam kata lain memfaktorkan parameter cahaya ke setiap titik.



Gambar 2.11 Tampilan modul *Ortho Image*
(Golden Software 2015)

2.6 Penelitian Terdahulu

a. Farabi dan Minarto (2018) dalam penelitiannya yang berjudul Analisa Anomali Bawah Permukaan Laut Menggunakan Data *Side Scan Sonar*, *Sub-bottom Profiler* dan 2D *High Resolution*

Seismic. Dilakukan survei hidrografi dan survei seismik untuk investigasi anomali dasar laut pada perairan Madura, Jawa Timur dengan lajur survei dilakukan pada area seluas 2 Km x 4 Km. Instrumen yang digunakan adalah side scan sonar, Sub-bottom Profiler dan 2D High *Resolution Seismic*. Analisa anomali diidentifikasi dengan 3 level yang dibagi berdasarkan kedalaman, yaitu level 1-3 dari yang paling dangkal hingga yang paling dalam. Selain itu analisa dilakukan pada tiga (3) daerah anomali yaitu *Seabed Features*, *Shallow Profile* dan *Intermediate Profile*. *Seabed features* adalah suatu peta permukaan dasar laut yang berupa anomali alam ataupun buatan manusia itu sendiri. Peta ini merupakan suatu digitasi dari dua data dimana hasil dari batimetri *multibeam echosounder* dan mosaik *side-scan sonar*. Interpretasi dari hasil SSS diketahui bahwa adanya debris, *pockmark* dan *scars* bekas dari timbunan kabel atau pipa. *Shallow profile* (level 1) dapat dibaca dengan mudah oleh *sub bottom profiler* dan didapatkan anomali berupa sedimen yang berisi hidrokarbon. Pada *intermediate profile* terdapat anomali level 2 dan 3 yang ditandai dengan adanya amplitudo yang tinggi.

b. Saputra (2017) dalam penelitiannya yang berjudul Pemodelan 3D Permukaan Lapisan Dasar Laut Berdasarkan Data Hasil Pengukuran *Sub Bottom Profiler*. Dilakukan pengolahan data *Sub Bottom Profiler* Laut Jawa dan Selat Benggala. Kedua data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk model tiga dimensi dengan tujuan mempermudah interpretasi serta menampilkan visual dari tiap permukaan lapisan penyusun dasar laut secara tiga dimensi besarta profil kedalaman dan ketebalan tiap lapisan dasar laut. Pengolahan data dilakukan dengan beberapa langkah yaitu: (1) analisis penentuan batas antar lapisan dengan ketentuan berdasarkan nilai pantulan lapisan serta interpretasi secara visual tehadap lapisan dengan melihat garis-garis lapisan yang memiliki

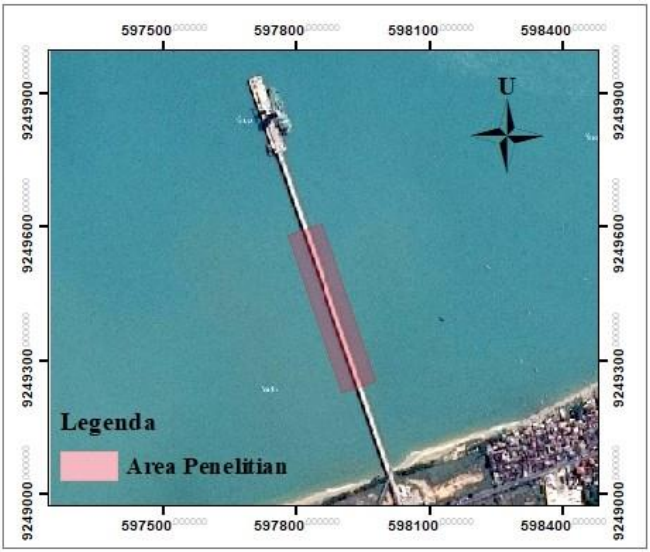
bentuk panjang dan pola garis yang berbeda tiap lapisan; (2) digitasi terhadap garis-garis lapisan dasar laut sehingga diperoleh selang waktu saat gelombang dipancarkan dan dipantulkan kembali; (3) penentuan kedalaman dari tiap lapisan dasar laut; (4) membentuk model tiga dimensi dengan metode *Krigging*. Hasil model 3D dari data SBP Laut Jawa diperoleh lima permukaan lapisan yang memiliki bentuk yang berbeda tiap permukaan lapisannya. Sedangkan hasil model 3D dari data SBP Selat Benggala hanya didapati permukaan lapisan pertama karena ketebalan lapisan di bawahnya yang sangat tebal serta jenis lapisannya yang sangat keras.

BAB III
METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitan ini dilakukan di dermaga Pelabuhan Khusus PT. Holcim Indonesia Tbk di Desa Glondonggede, Kecamatan Tambakboyo, Kabupaten Tuban. Dermaga ini terletak di kawasan Pantai Tuban. Luas daerah penelitian adalah 60 x 300 m² pada lokasi runtuhan dermaga.

Menurut Joesidawati (2017), pesisir pantai Tuban merupakan pantai berkategori sangat landai dengan rata-rata kemiringan 1,16º, serta elevasi rata-rata 4,8 m dpl. Pantai Tuban ini didominasi oleh daratan alluvial 78.47%, dan dataran alluvial krast 21.53%.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Tugas Akhir

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Berikut adalah data yang digunakan pada penelitian ini:

a. Raw data akustik dari instrumen sub bottom profiler dengan format seg-y daerah dermaga pelabuhan khusus PT Holcim, Tuban
b. Raw data akustik dari instrumen side scan sonar daerah dermaga pelabuhan khusus PT Holcim, Tuban.
c. Data pengamatan pasang surut pada stasiun pasut Tuban bulan Desember tahun 2019.

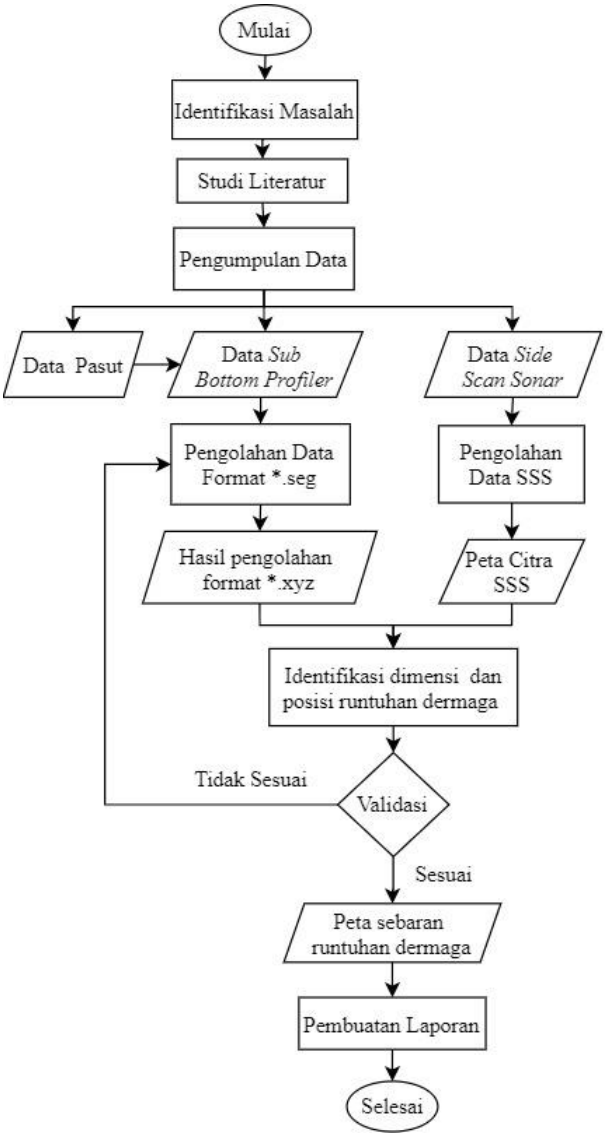
3.2.2 Peralatan

Berikut adalah peralatan serta perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini:

a. *Sub-Bottom Profiler* SyQwest Stratabox HD
b. *Side-Scan Sonar* Garmin Echomap
c. Perangkat Lunak SonarTRX

3.3 Metodologi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan yang dijelaskan dengan diagram alir berikut:



Gambar 3.2. Diagram alir pelaksanaan penelitian

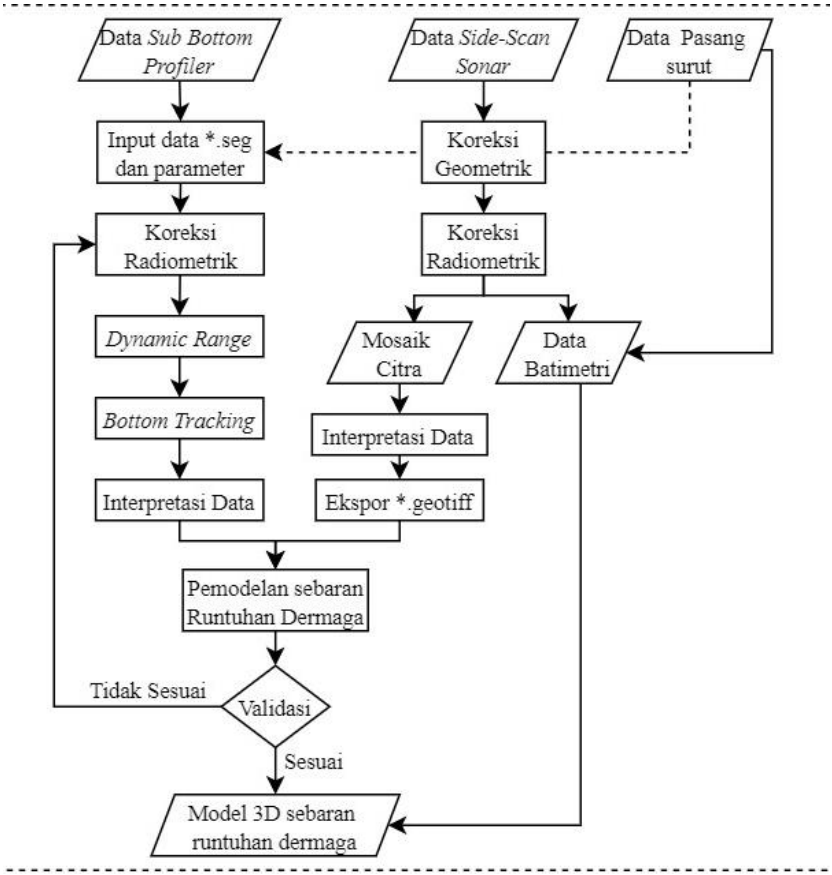
3.3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi identifikasi masalah, studi literatur, dan pengumpulan data. Identifikasi masalah dilakukan untuk menemukan masalah yang harus dicari solusinya. Masalah yang harus diselesaikan pada penelitian ini adalah mengenai reruntuhan dermaga yang terdapat di bawah permukaan laut yang harus dicari lokasi dan ketebalannya. Tahap selanjutnya adalah menentukan tujuan dan manfaat dari identifikasi runtuhan dermaga. Kemudian dilakukan studi literatur mengenai sub bottom profiler, side scan sonar, serta sistematika perangkat lunak yang akan digunakan. Studi literatur ini berfungsi untuk mendapatkan referensi mengenai metode dan parameter apa saja yang harus digunakan untuk menunjang penelitian tugas akhir.

Pengumpulan data meliputi data *sub-bottom profiler*, data *side scan sonar*, serta data pengamatan pasang surut pada stasiun pasut Tuban milik BIG. Data *sub bottom profiler* digunakan untuk mengidentifikasi runtuhan dermaga yang terdapat pada bawah permukaan perairan. Data *side scan sonar* digunakan untuk mengetahui kenampakan dari seabed yang disurvei.

3.3.2 Tahap Pengolahan dan analisis data

Berikut adalah tahap pengolahan dan analisis dalam penelitian tugas akhir, dijelaskan dengan diagram alir:



Gambar 3.1 Diagram alir tahap pengolahan

Berikut adalah penjelasan proses pengolahan data SBP dari diagram alir di atas

a. Setelah data seg-y di*input* ke dalam perangkat lunak, parameter kemudian di*input* ke dalam perangkat lunak pengolahan untuk mengoreksi data kedalaman. Parameter yang dimasukkan adalah data pasang surut.

b. Koreksi radiometrik data SBP bertujuan untuk memperhalus tampilan data seismik. Koreksi ini termasuk *bandpass filter* dan *time varying gain*.
c. Koreksi *dynamic range* untuk memperbaiki intensitas cahaya mulai dari *shadow* tergelap hingga data tercerah. *Smoothing* data juga dilakukan pada tahap ini.
d. *Bottom tracking* berfungsi untuk mendefinisikan dasar laut. Setelah itu dilakukan interpretasi data sehingga dketahui batas lapisan antara *seabed* dengan runtuhan dermaga.
e. Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa lokasi yang terdapat reruntuhan memang pada lokasi yang benar.
f. Membuat model sebaran runtuhan dermaga dalam tampilan 3D agar dapat diidentifikasi dengan mudah.
g. Analisis ketebalan runtuhan dermaga sehingga diperoleh ketebalan runtuhan serta posisi runtuhan tersebut.

Berikut adalah penjelasan proses pengolahan data SSS dari diagram alir di atas.

a. Koreksi geometrik berfungsi untuk menghilangkan *blind zone* pada nadir. Koreksi ini terdiri dari tahapan *slant range correction* dan *altitude correction*.
b. Koreksi radiometrik berfungsi untuk memperhalus tampilan citra SSS. Pada tahap ini terdapat langkah *time varying gain*.
c. Mosaik citra dilakukan setelah semua koreksi selesai dilakukan, berfungsi untuk menggabungkan potongan-potongan citra yang ada sehingga mendapatkan visualisasi dari kenampakan permukaan dasar laut. Setelah mosaik dilakukan proses interpretasi dapat

dilakukan mencari area yang bertekstur kasar atau halus.

d. *Plotting* data SSS dilakukan dengan ekspor mosaik citra ke format *.geotiff yang memiliki datum dan proyeksi koordinat yang sama dengan data SBP.

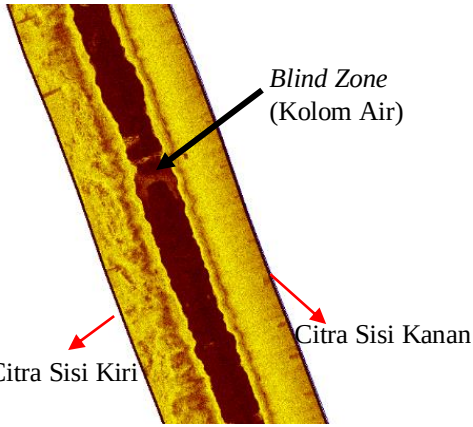
Setelah kedua pengolahan data tersebut selesai maka dilakukan tahap akhir berupa pembuatan laporan mengenai penelitian analisis data SBP dan SSS untuk identifikasi runtuhan dermaga di dermaga khusus PT Holcim Tuban.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IV
HASIL DAN ANALISA

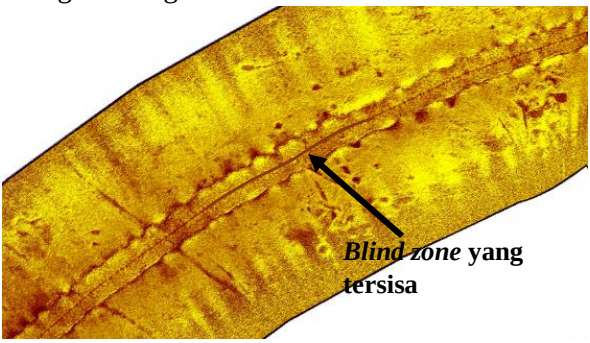
4.1 Hasil dan Analisa Side Scan Sonar

Pengambilan data citra bawah laut menghasilkan data yang berformat *.rsd. Tampilan yang dihasilkan menunjukkan bagian dari sisi kiri dan sisi kanan kapal, serta pada bagian tengah terdapat *blind zone*, dapat dilihat pada Gambar 4.1. Terlihat gradasi warna pada citra yang dihasilkan, terdapat warna terang yang menunjukkan nilai hambur balik tinggi serta warna gelap pada citra menunjukkan nilai hambur balik rendah. Untuk meningkatkan kualitas citra dan dapat diinterpretasi dengan mudah, maka *blind zone* dan kesalahan lainnya perlu dikoreksi dengan penerapan koreksi geometrik dan koreksi radiometrik. Tahap koreksi geometrik terdiri dari *altitude correction* dan *slant range correction* sedangkan koreksi radiometrik terdiri dari tahap *time varying gain.*



Gambar 4.1. Data SSS sebelum dikoreksi

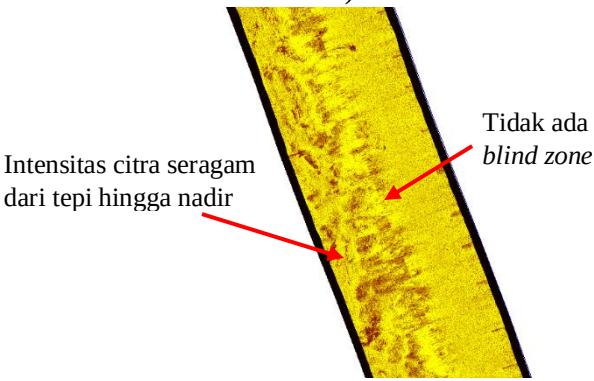
Slant range correction berfungsi untuk menghitung jarak sebenarnya antara objek dasar laut terhadap nadir, serta untuk menghilangkan kolom air yang terdapat pada citra SSS. Sedangkan *altitude correction* dilakukan untuk mendapat nilai first echo return yang merupakan jarak antara tranduser dengan permukaan suatu objek pada dsar perairan. *Slant range correction* dan *altitude correction* dilakukan bersamaan dengan cara digitasi pada batas antara *first echo return* dan nadir yang ditandai dengan *blind zone*. Piksel nadir sebenarnya menggantikan sisi sebagai fungsi dari kolom air atau ketinggian transduser ke dasar laut. Gambar 4.2 menunjukkan hasil dari *slant range correction* dengan bagian *blind zone* sudah hilang namun masih terdapat sisa-sisa *blind zone* yang harus dihilangkan dengan *altitude correction*.



Gambar 4.2. Hasil *slant range correction*

Setelah melakukan koreksi geometrik maka dilanjutkan dengan penerapan *time varying gain* (TVG) untuk mengurangi atenuasi dengan jarak dan efek lainnya. Penerapan TVG ini dilakukan dengan cara memasukkan beberapa nilai parameter yang akan mempengaruhi intensitas citra akibat variasi dari hambur balik yang dihasilkan pada saat sinyal akustik ditransmisikan. Koreksi ini termasuk ke dalam bagian koreksi radiometrik yang berpengaruh pada *digital number* yang ditetapkan pada setiap

piksel dalam citra. Hasil koreksi terakhir dapat dilihat pada Gambar 4.3. Tahap terakhir adalah melakukan mosaik citra untuk mendapatkan visualisasi data SSS yang telah terkoreksi. Mosaik yang dihasilkan berformat *.kml, kemudian diubah menjadi georeferensi format gambar GEOTIFF dengan proyeksi UTM (*Universal Transverse Mercator*) Zona 49 S dan datum WGS 84.



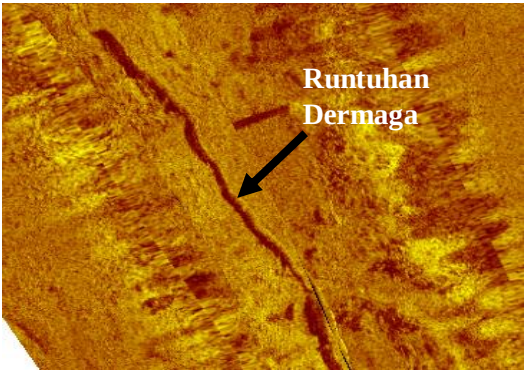
Gambar 4.3. Hasil akhir pemrosesan citra bawah laut

Dari data mosaik yang dihasilkan terlihat tekstur dan warna pada dasar laut yang berbeda-beda. Bagian yang memiliki tekstur kasar akan memberikan daya hambur balik yang lebih kuat dan intensitas warna yang cerah dibandingkan kenampakan tekstur yang halus dengan nilai hambur balik rendah dan intensitas warna lebih gelap. Analisis interpretasi citra *side scan sonar* yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan pada tekstur dan derajat kehitaman (*hue saturation*) objek. Berikut adalah hasil identifikasi dari kenampakan visual hasil mosaik citra *side-scan sonar* yang penulis bagi jenisnya berdasarkan bentuk objek.

a. Objek 1

Terlihat objek yang memanjang dari arah utara ke barat. Hal ini ditandai dengan *hue saturation* yang terang dan terdapat bayangan di sepanjang daerah yang terang.

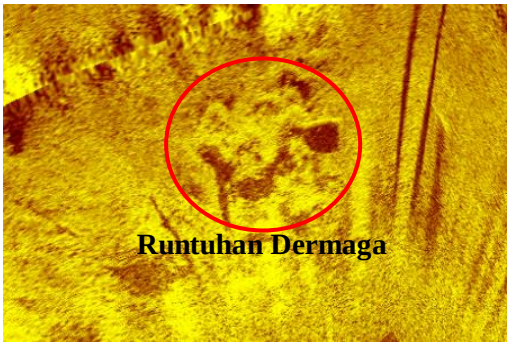
Tidak terdapat informasi mengenai kabel atau objek lain yang berada pada dasar laut sekitar area penelitian, sehingga dapat disimpulkan bahwa objek tersebut merupakan termasuk runtuhan dermaga. Adapun panjang objek tersebut adalah 33 m.



Gambar 4.4. Objek 1 runtuhan dermaga

b. Objek 2

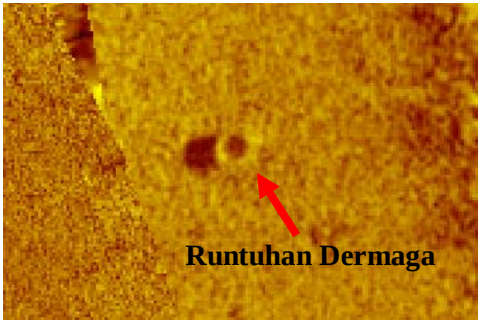
Juga terlihat objek bertekstur keras yang tidak beraturan. Dapat dilihat dari area dengan *hue saturation* yang terang serta terdapat bayangan yang berwarna lebih gelap dibanding area sekitar. Area ini memiliki luasan sebesar 63 m^2. Objek seperti gambar di bawah ini banyak terdapat pada sepanjang lintasan dermaga yang runtuh.



Gambar 4.5. Objek 2 runtuhan dermaga

c. Objek 3

Selain itu juga terdapat beberapa titik lokasi yang memiliki area berbentuk lingkaran kecil dengan bayangan gelap di tengahnya. Hal ini diinterpretasikan sebagai puing-puing dermaga, serta cekungan pada permukaan dasar laut yang diakibatkan oleh runtuhan dermaga tersebut. Objek ini memiliki luas 2 m².

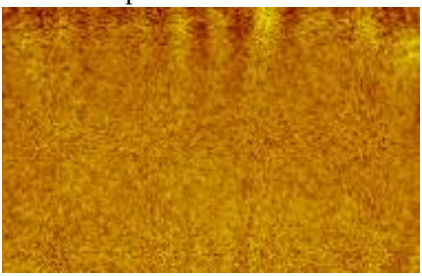


Gambar 4.6. Objek 3 runtuhan dermaga

d. Objek 4

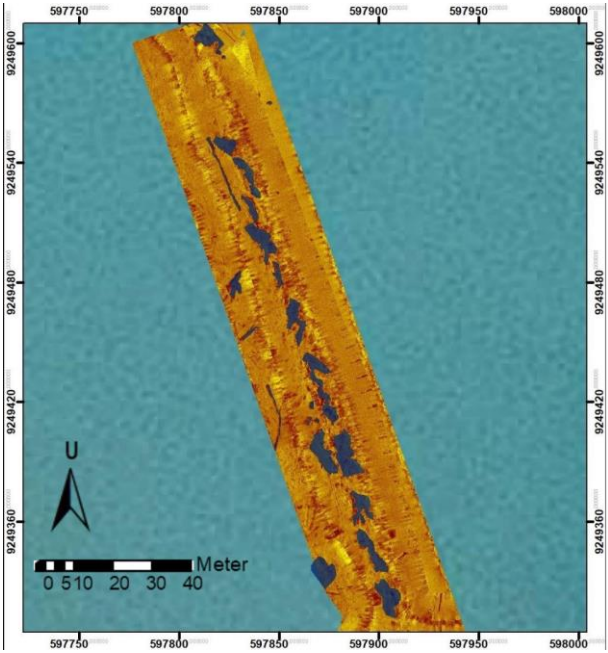
Pada bagian timur dermaga jarang ditemukan objek dengan tekstur yang keras. Gambar 4.7

menunjukkan permukaan laut yang tidak terdapat *disturbing* area dan hanya terdapat permukaan yang dilapisi sedimen. Permukaan ini bercirikan *hue saturation* yang gelap serta terdapat butiran-butiran halus.



Gambar 4.7 Permukaan dasar laut tanpa derau

Hasil identifikasi tersebut diperkuat dengan adanya dokumentasi berupa video bawah laut yang menandakan adanya runtuhan-runtuhan dermaga pada area penelitian. Proses identifikasi citra SSS ini menghasilkan data sebanyak 22 area runtuhan dermaga pada permukaan dasar laut. Area tersebut memiliki total luas sebesar 1.668 m² dengan variasai luasan mulai dari yang terkecil 2 m² hingga yang terbesar 191 m². Persebaran runtuhan ini mayoritas terdapat pada sisi barat dan tengah dermaga. Hasil identifikasi data SSS ini menjadi suatu informasi lokasi runtuhan serta besarnya runtuhan tersebut. Selain itu, hasil identifikasi ini menjadi acuan untuk validasi data SBP. Peta persebaran runtuhan dermaga dapat dilihat pada Gambar 4.8. Pada peta tersebut, area berwarna biru merupakan area yang diidentifikasi sebagai runtuhan dermaga.

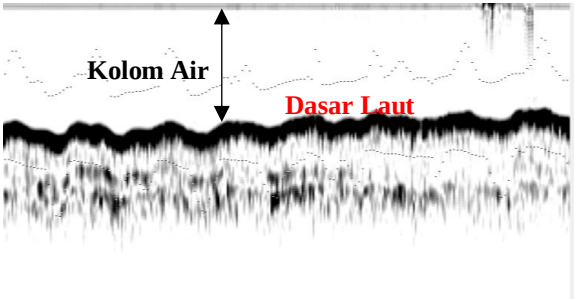


Gambar 4.8. Peta Sebaran Runtuhan Dermaga

4.2 Hasil dan Analisa Sub-Bottom Profiler

Pengukuran SBP pada penelitian ini dilakukan bersamaan dengan survei SSS, dengan lajur utama yang memiliki arah dari utara ke selatan dan dengan lajur silang yang memiliki arah dari barat ke timur. Interval lajur utama adalah 10 m dan lajur silang adalah 25 m. Hasil dari pengukuran SBP berupa tampilan penampang lapisan bawah permukaan dasar laut dari jalur yang disurvei. Dari pengukuran ini didapatkan 21 *file* data seismik dengan format SEG-Y. Untuk mendapatkan hasil interpretasi yang baik, maka data seismik harus melalui beberapa langkah pengolahan. Pengolahan dilakukan satu per satu pada tiap alur. Sebelum dilakukan pengolahan, data dimasukkan bersama

parameter data pasang surut ke dalam perangkat lunak yang digunakan. Pemrosesan data SBP meliputi koreksi *bandpass filter*, *time varying gain*, dan *bottom tracking*.



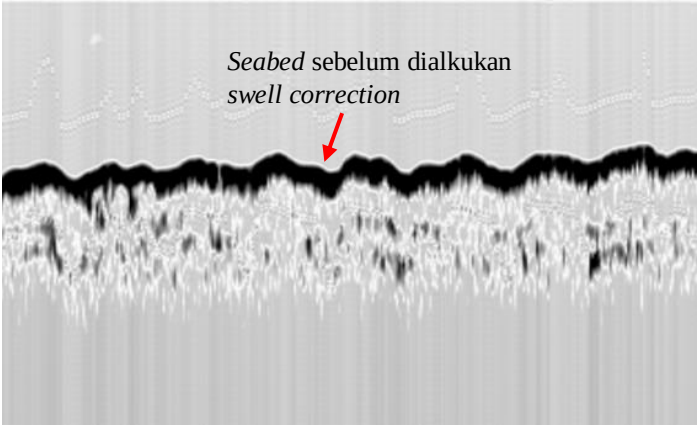
Gambar 4.9 Data awal SBP

Proses awal yang dilakukan pada *raw data* adalah *bandpass filter*. *Bandpass filter* merupakan metode penapisan untuk mengeliminasi sinyal di luar frekuensi yang diinginkan. *Raw* data yang digunakan memiliki frekuensi sebesar 62,5 KHz. Untuk nilai parameter *bandpass filter* yang digunakan bernilai 1-7,5 KHz sehingga lapisan permukaan dasar laut serta objek yang berada pada dasar laut semakin semakin mudah untuk diidentifikasi. Proses *filtering* ini menghasilkan data yang bersih dari derau, atau dari frekuensi yang tidak diinginkan.

Kemudian tahap selanjutnya adalah melakukan koreksi *dynamic range* dan *time varying gain* (TVG) sehingga jarak antara kolom air dan permukaan semakin jelas. Hal ini karena *dynamic range* memperbaiki rentang itensitas cahaya, mulai dari yang tergelap hingga *highlight* tercerah. TVG berupaya untuk mengurangi penurunan amplitudo sinyal saat ia merambat menjauh dari sumber karena penyebaran geometris dan pelemahan pulsa yang disebabkan oleh kolom air dan sedimen pada sub-permukaan. TVG menerapkan operator *gain* (penguatan eksponensial) untuk

setiap *trace* seismik. Akibatnya, setiap *trace* diamplifikasi di bagian waktu dengan faktor yang meningkat secara teratur.

Tahap terakhir sebelum dilakukan interpretasi adalah tahap *bottom tracking*. Dengan *bottom tracking*, rambatan gelombang pada kolom air menjadi hilang sehingga memperjelas batas antara kolom air dan permukaan dasar laut. Pada tahap ini juga dilakukan *swell correction* untuk menghilangkan efek *heave* ketika melakukan pengukuran. Hasil akhirnya dasar laut menjadi terdefinisi dengan berupa garis sepanjang dasar laut di sepanjang jalur survei.



Gambar 4.10. Data SBP sebelum dilakukan *swell correction*

Gambar 4.11. Data SBP sesudah dilakukan *swell correction*

Setelah permukaan dasar laut sudah terdefinisi, interpretasi dapat dilakukan untuk memperoleh informasi geologi bawah permukaan dari penampang seismik. Perolehan informasi dalam penelitian ini yaitu dengan cara menentukan batas dasar laut dan mengidentifikasi lapisan runtuhan dermaga. Kerapatan data dan warna tampilan yang diatur ketika koreksi *dynamic range* menghasilkan kontras warna yang jelas yang menunjukkan batas ketebalan suatu objek, dalam hal ini adalah reruntuhan dermaga. Pembatasan batas lapisan dikakukan dengan cara digitasi sesuai bentuk garis lekukan lapisan tersebut.

Meskipun gelombang seismik dari alat SyQwest Stratabox HD dikatakan mampu merambat hingga kedalaman 40 meter di bawah permukaan laut, namun hasil data perekaman sangat dipengaruhi oleh jenis sedimen, kondisi alat serta operator. Pada penelitian ini, kekuatan sinyal merambat kurang dari kedalaman 40 m dan sudah terdapat derau.

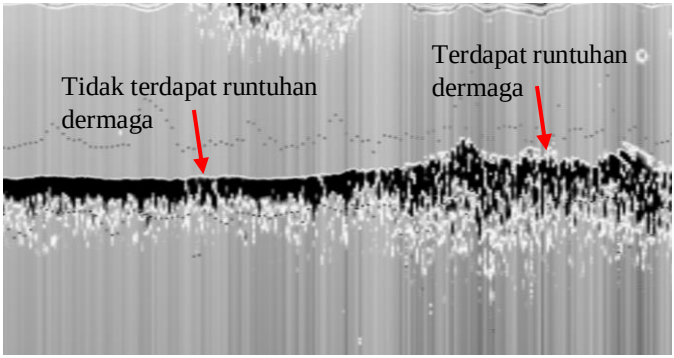
Hasil *bottom tracking* dan digitasi lapisan dasar laut selanjutnya disimpan dalam bentuk file *.xyz, kemudian dilakukan identifikasi letak runtuhan dermaga serta ketebalannya. Hasil dari *bottom tracking* didapatkan bahwa kedalaman dasar laut memiliki nilai antara 2 m hingga 4 m dari datum vertikal LWL (*Low Water Level*).

4.2.1 Identifikasi Runtuhan Dermaga

Dari hasil identifikasi lapisan runtuhan dasar laut diketahui bahwa terdapat runtuhan dermaga yang berada di bawah permukaan dasar laut serta di atas permukaan dasar laut. Dimensi dari runtuhan tersebut bervariasi dari mulai dari ketebalan 0,36 m hingga 1,39 m.

Runtuhan dermaga dapat diinterpretasi berdasarkan reflektivitas sinyal yang sudah dilakukan penapisan pada tahap awal. Kontras warna yang jelas menunjukan batas ketebalan antara lapisan sedimen dan lapisan runtuhan dermaga. Runtuhan dermaga yang berada di atas permukaan dasar laut dapat dikenali dengan adanya perbedaan nilai kedalaman suatu area dibandingkan dengan nilai kedalaman di sekitarnya, sehingga membentuk seperti bongkahan batu di atas *seabed*. Runtuhan dermaga yang berada pada bawah permukaan, pada penelitian ini, umumnya memiliki nilai kedalaman yang sama terhadap permukaan dasar laut. Dasar laut yang terdapat runtuhan dermaga memiliki permukaan yang tidak beraturan, sedangkan permukaan yang tidak terdapat runtuhan dermaga akan terlihat seperti lapisan lunak tidak terkonsolidasi. Selain itu, runtuhan dapat diidentifikasi dari pola refleksi pada lapisan *sub-seabed*. Pola refleksi tersebut dihasilkan dari proses penapisan sinyal yang sudah dilakukan sebelumnya. Perbedaan kondisi dasar laut antara yang terdapat runtuhan dan tidak terdapat runtuhan dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Setelah mendapatkan batas antara lapisan dasar laut dan lapisan runtuhan dermaga, maka dapat diketahui ketebalan dari runtuhan yang ditemukan. Ketebalan dapat dihitung berdasarkan nilai *isopach* dari tiap-tiap batas lapisan. *Isopach* sendiri merupakan nilai kedalaman penguburan suatu objek terhadap permukaan dasar laut.

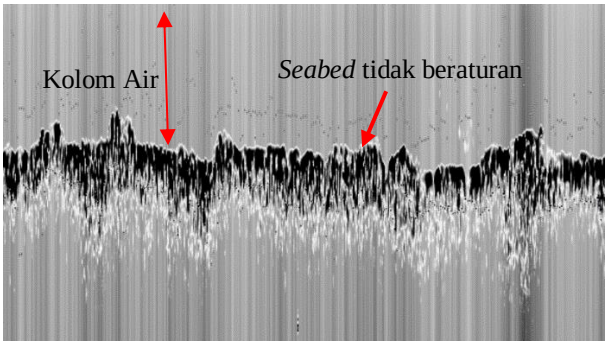


Gambar 4.12. Ilustrasi perbedaan kondisi dasar laut

Hasil menunjukkan bahwa tidak semua lintasan terdapat runtuhan dermaga. Dari 20 data pengukuran terdapat 3 data yang tidak terdapat reruntuhan dermaga. Hal ini dapat diketahui dari daya hambur balik yang homogen dan tidak terdapat derau di sepanjang jalur survei. Berikut adalah hasil identifikasi runtuhan dermaga:

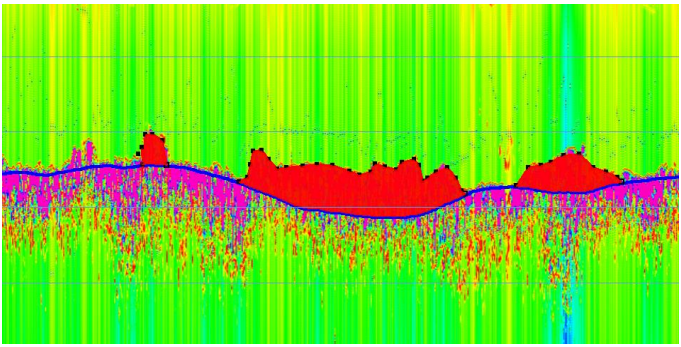
a. Sisi Barat Area Penelitian

Hasil interpretasi data SBP pada jalur yang berada di sebelah barat menunjukkan bahwa terdapat permukaan padat tidak beraturan yang dapat diidentifikasi sebagai runtuhan dermaga. Permukaan tersebut hampir terdapat di sepanjang jalur ini.

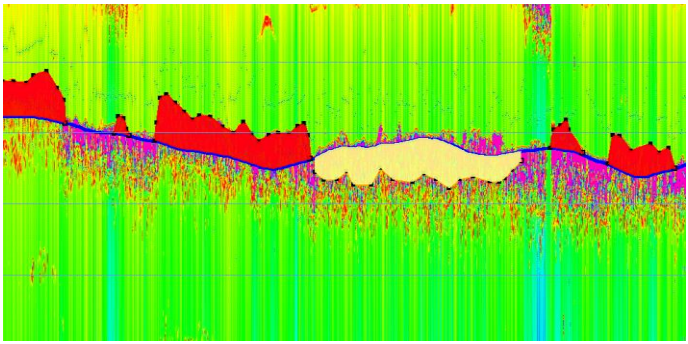


Gambar 4.13. Penampang permukaan dasar laut sisi barat dermaga

Hasil interpretasi data SBP pada jalur kedua yang berada di sisi barat juga menunjukkan banyak permukaan padat tidak beraturan yang dapat diidentifikasi sebagai runtuhan dermaga. Diketahui juga pada daerah ini terdapat titik pancang dermaga. Gambar 4.13 menunjukkan permukaan dasar laut pada koordinat UTM 597862,14 , 9249359,80 m dengan kondisi permukaan yang tidak beraturan. Setelah dilakukan identifikasi, didapati pada permukaan tersebut memiliki beberapa runtuhan dermaga di atas permukaan maupun di bawah permukaan dasar laut (Gambar 4.14). Pada gambar di bawah ini, runtuhan dermaga di atas *seabed* ditandai dengan objek berwarna merah, sedangkan runtuhan di bawah *seabed* ditandai dengan objek berwarna kuning. Runtuhan pada permukaan *seabed* tersebut memiliki ketebalan 0,8 m, sedangkan runtuhan pada bawah permukaan seabed memiliki ketebalan 1 m.



Gambar 4.14. *seabed* sisi barat yang sudah diidentifikasi

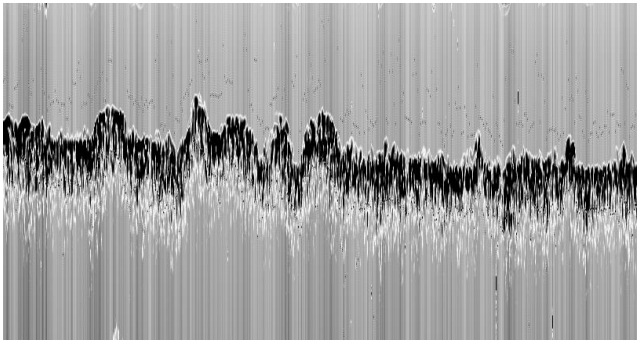


Gambar 4.15. *seabed* sisi barat yang sudah diidentifikasi

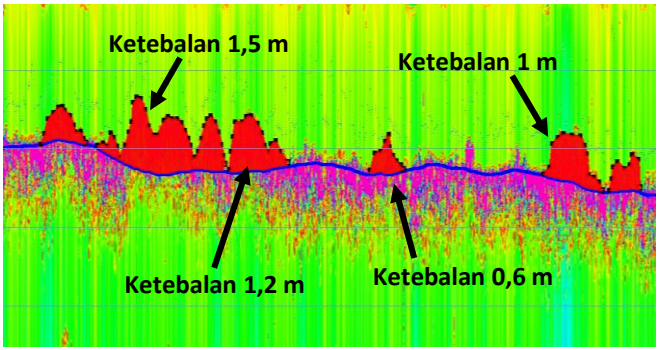
b. Sisi Tengah Area Penelitian

Diketahui tepat di bawah dermaga terdapat 8 titik pancang. Hasil interpretasi pada jalur ini menunjukkan bahwa terdapat banyak permukaan padat yang merupakan runtuhan dermaga serta titik pancang dermaga tersebut. Pada penelitian ini, titik pancang tetap dianggap sebagai puing runtuhan dermaga yang perlu dianalisis ketebalannya. Berikut adalah gambar penampang permukaan seabed pada titik koordinat UTM 597812,44 , 9249597,28 m. Dari identifikasi yang

dilakukan, didapatkan sejumlah bongkahan runtuhan dermaga. Ketebalan yang dimiliki runtuhan pada lajur tersebut rata-rata adalah 1 m.



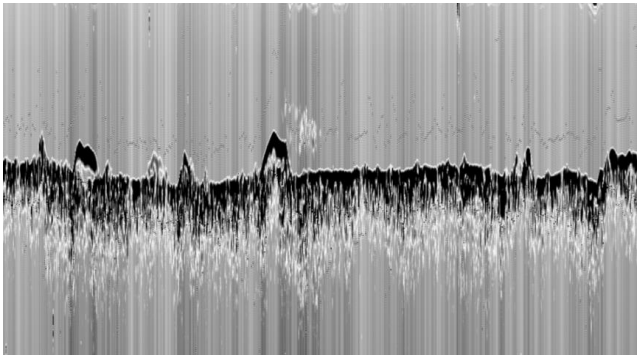
Gambar 4.16. Penampang *seabed* pada jalur tengah dermaga



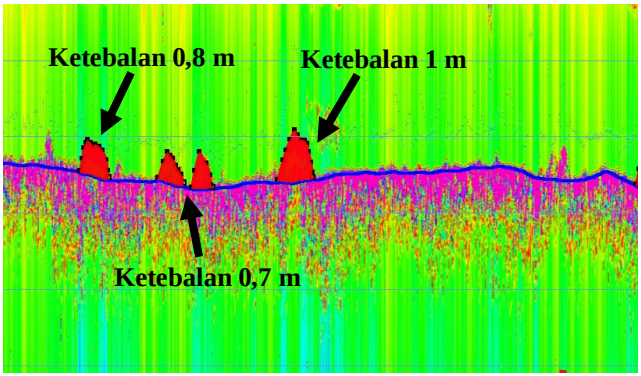
Gambar 4.17. Penampang *seabed* sisi tengah yang sudah diinterpretasi

Pada jalur survei koordinat 597835,63 , 9249542,86 m permukaan dasar laut cenderung rata dan memiliki permukaan lunak, dengan di atasnya terdapat beberapa runtuhan dermaga ukuran kecil. Hasil

identifikasi pada jalur ini menunjukkan bahwa ketebalan runtuhan tersebut rata-rata adalah 0,8 m.



Gambar 4.18. Penampang 2 *seabed* sisi tengah dermaga

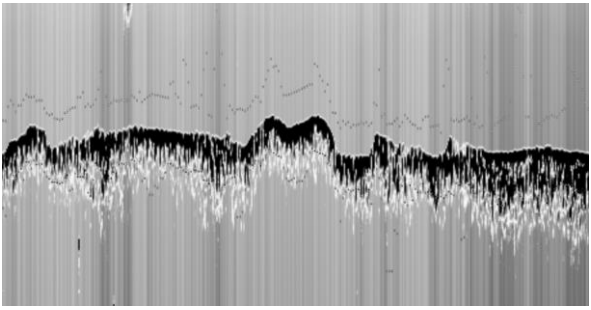


Gambar 4.19. Penampang 2 *seabed* sisi tengah yang sudah diinterpretasi

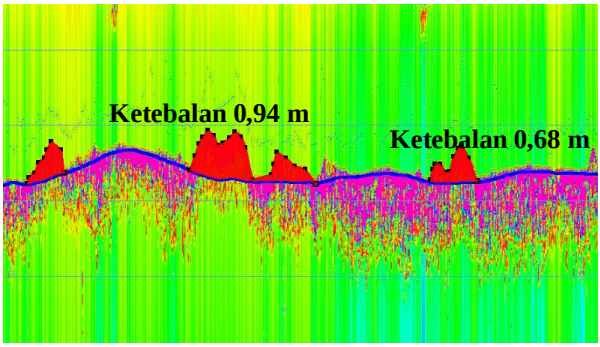
e. Sisi Utara Area Penelitian

Hasil interpretasi pada jalur silang di sisi utara dermaga menunjukkan bahwa terdapat permukaan padat tidak beraturan yang dapat diidentifikasi sebagai runtuhan dermaga. Pada ujung utara dermaga ini runtuhan yang terdapat pada dasar laut relatif lebih

sedikit apabila dibandingkan pada area tengah dermaga. Pada jalur ini terdapat 3 runtuhan dermaga yang berada di atas permukaan laut. Meski begitu, pada jalur ini juga terdapat permukaan datar dengan tekstur padat yang terdistraksi.



Gambar 4.20. Penampang *seabed* sisi utara

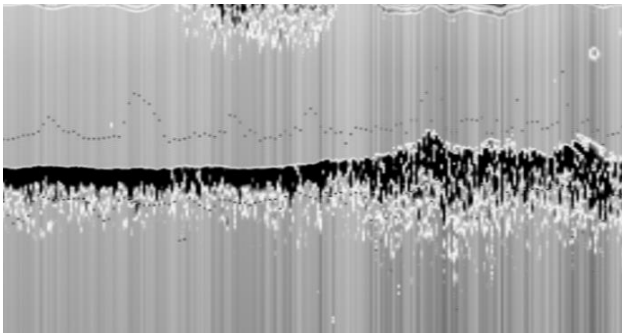


Gambar 4.21. Penampang seabed sisi utara yang sudah diinterpretasi

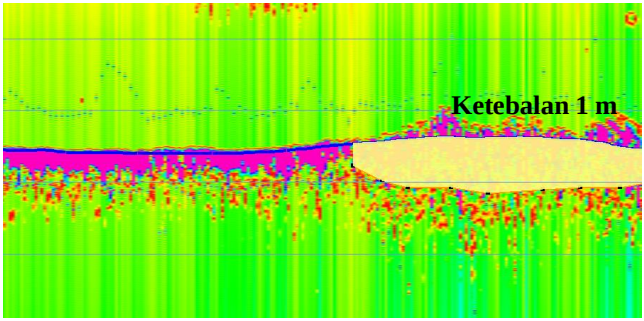
f. Sisi Selatan Area Penelitian

Hasil interpretasi pada jalur silang di sisi selatan dermaga menunjukkan bahwa terdapat lokasi yang

memiliki permukaan padat. Hal tersebut dapat diidentifikasi sebagai runtuhan dermaga yang terpendam hingga kedalamannya sama dengan *seabed* daerah tersebut. ketebalan runtuhan tersebut adalah 1 m.



Gambar 4.22. Penampang *seabed* sisi selatan



Gambar 4.23. Penampang seabed sisi selatan yang sudah diinterpretasi

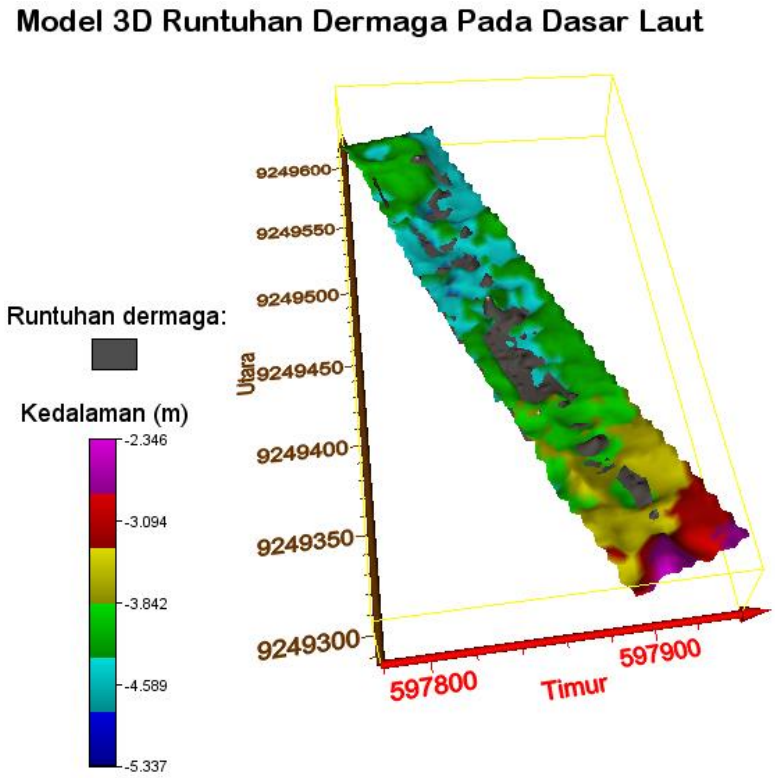
Dari interpretasi yang dilakukan, pada permukaan dasar laut didapatkan sebanyak 49 runtuhan dermaga dengan ketebalan rata-rata 0,8 m, sedangan pada bawah permukaan dasar laut didapatkan sebanyak 14 runtuhan dermaga dengan ketebalan rata-

rata 1,25 m. Selanjutnya data-data tersebut perlu divisualisasikan dalam model 3D.

4.2.2 Pemodelan 3D Sebaran Runtuhan Dermaga

Untuk mengetahui visualisasi dari runtuhan dermaga tersebut, maka perlu ditampilkan dengan model 3D. Model 3D dibuat dengan meggunakan data digitasi runtuhan yang sudah dieksport dalam format *.xyz serta data kedalaman seabed dari hasil *bottom tracking*.

Yang dilakukan pertama kali adalah pembuatan *boundary* terlebih dahulu dengan tujuan untuk menentukan batas-batas area yang akan dimodelkan menjadi 3D. kemudian melakukan proses *gridding* dengan desain grid mewakili area penelitian. Visualisasi yang pertama dilakukan adalah visualisasi permukaan dasar laut karena ketebalan lapisan dermaga dihitung dari permukaan dasar laut. Setelah didapatkan model 3D permukaan dasar laut, kemudian dilakukan pemodelan runtuhan dermaga dari tiap-tiap data runtuhan yang didapatkan. Model 3D yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.24. Permukaan dasar laut memiliki kedalaman 2 hingga 5 meter yang ditunjukkan dengan perbedaan warna pada permukaannya, sedangkan permukaan yang berwarna abu-abu menunjukkan runtuhan dermaga.



Gambar 4.24. Model 3D sebaran runtuhan dermaga

BAB V
KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari identifikasi runtuhan dermaga pada pelabuhan Khusus PT Holcim menggunakan *sub-bottom profiler* dan *side scan sonar* adalah sebagai berikut:

1. Dihasilkan model sebaran runtuhan dermaga dengan total luas runtuhan sebesar 1.668 m² dengan bentuk dan luasan yang bervariasi.
2. Interpretasi terhadap data seismik dasar laut menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 49 runtuhan dermaga dengan ketebalan rata-rata 0,8 m, sedangkan pada bawah permukaan dasar laut didapatkan sebanyak 14 runtuhan dermaga dengan ketebalan rata-rata 1,25 m. Adapun area penelitian ini memiliki nilai kedalaman rata-rata sebesar 4 m terhadap LWL (*Low Water Level*).
3. Dari data SSS dan SBP dapat dilihat bahwa sebaran runtuan dermaga mayoritas terdapat pada sisi barat dan tengah dari area penelitian.
4. Data SSS dan SBP memiliki jumlah hasil yang berbeda, dikarenakan data SSS menghitung area dari beberapa bongkahan dermaga yang berdekatan. Sedangkan data SBP menghitung jumlah rutuhan dari jumlah bongkahan sebenarnya pada tiap-tiap jalur survey.

5.2 Saran

Berikut ini adalah beberapa saran yang dapat penulis berikan:

1. Sebaiknya penelitian selanjutnya melakukan dokumentasi runtuhan dermaga berbasis *tag location* untuk validasi lokasi keberadaan runtuhan dermaga yang sebenarnya.
2. Disarankan jalur survey SBP memiliki jalur yang lebih rapat sehingga *coverage* yang didapat sama seperti data dari instrumen SSS.

DAFTAR PUSTAKA

Amirullah, M. D. (2018). Analisis Data Sub Bottom Profiler Untuk Identifikasi Ketebalan Sedimen (Studi Kasus: Alur Pelayaran Timur Surabaya). Surabaya: Teknik Geomatika ITS.

Blondel, P. (2010). *The handbook of sidescan sonar*. Springer Science & Business Media.

de Jong, C. D., Lachapelle, G., Skone, S., & Elema, I. A. (2010). Hydrography. Delft: Delft University Press.

Farabi, A. F., & Minarto, E. (2018). Analisa Anomali Bawah Permukaan Laut Menggunakan Data Side Scan Sonar, Sub-bottom Profiler dan 2D High Resolution Seismic. Jurnal Sains dan Seni ITS, 7(1), 1-5.

Ferriska, O. (2017). Survei Batimetri di Perairan Dangkal dengan Menggunakan Wahana USV (Unmanned Surface Vehicle), HIMAGE USV I. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

Golden Software. (2015). Voxler 4: 3D Well & Volumetric Data Visualization. Golden Software, LLC.

Joesidawati, M. I. (2017). Studi perubahan Iklim dan kerusakan sumberdaya pesisir di Kabupaten Tuban. Disertasi. Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.Klein Marine System Inc. (2018). Image of The Week. http://kleinmarinesystems.com/image-of-the-week/

Lafferty, B., Quinn, R., & Breen, C. (2006). A side-scan sonar and high-resolution Chirp sub-bottom profile study of the natural and anthropogenic sedimentary record of Lower Lough Erne, northwestern Ireland. *Journal of Archaeological Science*, *33*(6), 756–766. https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.10.007

Manik, H. M., Junaedi, L., & Harsono, G. (2016). Pemrosesan Citra Side Scan Sonar untuk Pemetaan Dasar Laut Pelabuhan Benoa. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, *5*(2). https://doi.org/10.22146/jnteti.v5i2.231

Mutiara, I. (2018). Pemetaan batimetri untuk penentuan ujung dermaga dan posisi tiang pancang pada rencana dermaga pltmg selayar *1)*. *2018*(2014), 7–12.

Penrose, J. D., Siwabessy, P. J. W., Gavrilov, A., Parnum, I., Hamilton, L. J., Bickers, A., … Kennedy, P. (2005). ***Acoustic Techniques for Seabed Classification. *Cooperative Research Centre for Coastal Zone Estuary and Waterway Management*, (September), 141.

Plets, R., Dix, J., & Bates, R. (2013). Marine Geophysics Data Acquisition, Processing and Interpretation. Guidance notes. *English Heritage*, 1–92.

Poerbandono, & Djunasjah, E. (2005). Survei Hidrografi. *Bandung, Indonesia: PT. Refika Aditama.*

Rahili, N., & Cahyono, B. K. (2018). 3D Modeling and Volume Estimation of Riverbed Layers Based on Sub Bottom Profiler Measurement Data. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, *1*(2), 81–86.

Ramsay, P. (2017). Sub-bottom Profiling Acquisition Techniques in *HYPACK* ®. 1–13.

Rizqiani Putri, I., Warnana, D. D., & Syaifuddin, F. (2016). Survei Sub Bottom Profile (SBP) untuk Mengidentifikasi Lapisan Sedimen pada Muara Sungai Bengawan Solo Menggunakan Stratabox Marine Geophysical Instrument. *Jurnal Geosaintek*, *2*(3), 221. https://doi.org/10.12962/j25023659.v2i3.2107

Saputra, Y. (2017). Pemodelan 3D Permukaan Lapisan Dasar Laut Berdasarkan Data Hasil Pengukuran Sub Bottom Profiler. Yogyakarta: Teknik Geodesi UGM.

Sari, S. P. (2009). *Deteksi dan Interpretasi Target Di Dasar Laut Menggunakan Instrumen Side Scan Sonar*.

Siliwangi, M., Rizki, F., Pratomo, A., Prabandiyani, S., & Hardiyati, S. (2014). Perancangan Pondasi Tiang Pancang Dermaga Packing Plant Banjarmasin – Kalimantan Selatan. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, *3*(1), 270–282.

Solikin, S., Manik, H. M., Pujiyati, S., & Susilohadi. (2017). Pemrosesan Sinyal Data Sub-bottom Profiler Substrat Dasar Perairan Selat Lembeh. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, *13*(1), 42. https://doi.org/10.17529/jre.v13i1.6060

Times Indonesia. (23 Januari 2019). Diterjang Gelombang Tinggi, Jembatan Penghubung Pelabuhan PT Holcim Putus. Diambil kembali dari Times Indonesia: https://www.timesindonesia.co.id/read/news/197689/diterjang-gelombang-tinggi-jembatan-penghubung-pelabuhan-pt-holcim-putus

Wijonarko, W. W., Sasmito, B., & Nugraha, A. L. (2016). Kajian Pemodelan Dasar Laut Menggunakan Side Scan Sonar Dan Singlebeam Echosounder. *Jurnal Geodesi Undip*, *5*(2), 168–178.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Lokasi serta luas runtuhan dermaga berdasarkan hasil pengolahan SSS

No	Timur (X)	Utara (Y)	luas (m^2)
1	597822,1734	9249534,155	40
2	597891,3524	9249367,341	100
3	597896,3787	9249344,994	118
4	597904,6556	9249321,944	138
5	597872,328	9249334,824	123
6	597835,5552	9249454,962	15
7	597883,7277	9249393,284	191
8	597871,0799	9249428,494	172
9	597858,1425	9249461,507	106
10	597845,5094	9249570,158	3
11	597828,2551	9249478,633	49
12	597841,4545	9249501,236	127
13	597814,6829	9249602,879	103
14	597836,026	9249517,185	39
15	597823,1264	9249549,157	66
16	597872,1135	9249394,393	142
17	597849,4953	9249484,042	32
18	597834,3062	9249533,806	83
19	597822,515	9249593,336	2
20	597865,147	9249410,536	6
21	597869,1876	9249410,73	4
22	597866,5287	9249418,525	9

Lampiran 2. Lokasi Serta Ketebalan Runtuhan Dermaga di atas permukaan dasar laut

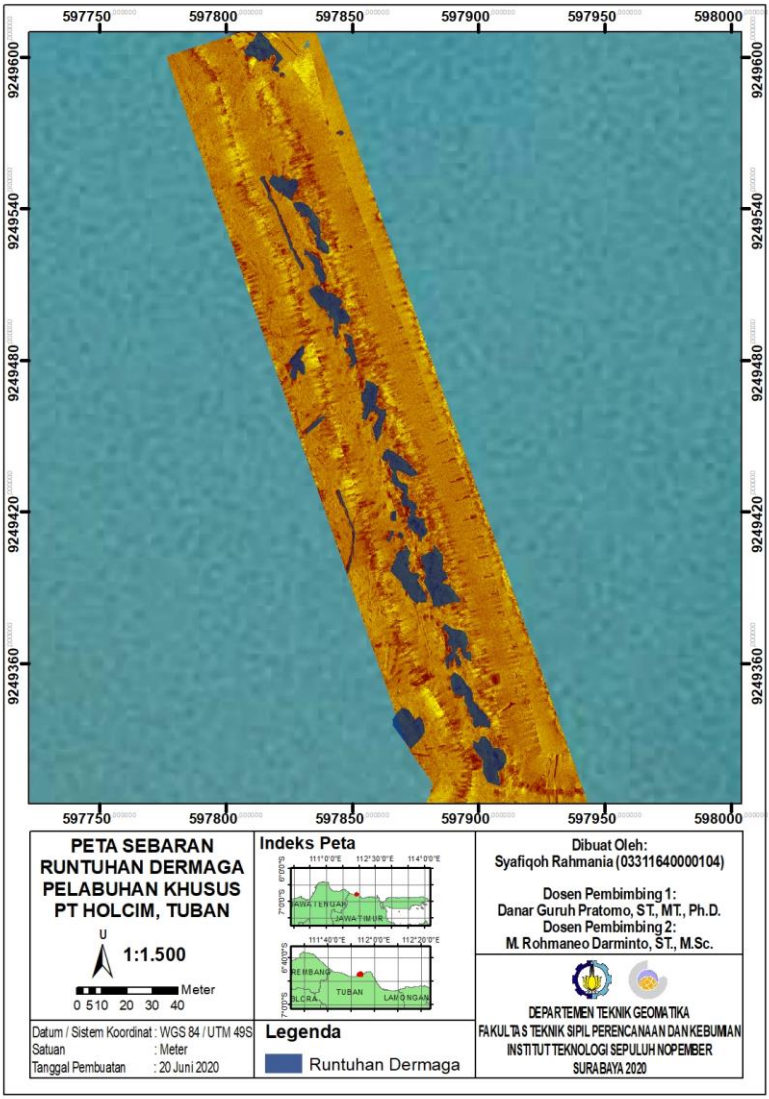
No	Awal		Akhir		Tebal (m)
	Timur (X)	Utara (Y)	Timur (X)	Utara (Y)	
1	597878,37	9249337,48	597862,59	9249359,03	0,78
2	597862,39	9249359,42	597846,15	9249391,53	1,08
3	597821,95	9249585,31	597821,61	9249578,46	0,58
4	597830,04	9249559,84	597831,79	9249554,77	0,84
5	597834,84	9249547,26	597836,59	9249542,95	0,78
6	597836,93	9249542,04	597838,23	9249538,14	0,78
7	597841,51	9249527,97	597843,7	9249522,2	0,95
8	597861,54	9249471,66	597866,32	9249459,48	0,90
9	597868,74	9249453,32	587871,19	9249448,45	0,46
10	597906,72	9249324,27	597904,28	9249331,35	0,79
11	597903,81	9249332,77	597903,02	9249335,84	0,36
12	597903,02	9249335,84	597898,25	9249351,98	1,19
13	597897,85	9249352,89	597895,09	9249361,5	1,07
14	597891,67	9249373,98	597890,41	9249379,15	0,62
15	597882,54	9249400,07	597878,64	9249085,4	1,03
16	597878,28	9249409,49	597876,48	9249413,75	0,6
17	597875,18	9249417,42	597873,58	9249423,96	0,74
18	59772,49	9249428,54	597869,98	9249435,85	0,83
19	597865,42	9249446,87	597863,26	9249451,76	0,91
20	597862,25	9249454,61	597860,48	9249459,37	0,95
21	597855,12	9249474,62	597854	9249478,51	0,77
22	597852,05	9249484,35	597848,71	9249492,21	1,09
23	597846,09	9249497,81	597843,06	9249504,08	1,32
24	597842,77	9249504,71	597839,19	9249512,61	1,25

No	Awal		Akhir		Tebal (m)
	Timur (X)	Utara (Y)	Timur (X)	Utara (Y)	
25	597838,5	9249514,01	597835,08	9249522,18	0,48
26	597828,34	9249538,18	597827,09	9249540,75	0,61
27	597808,5	9249545,5	597809,82	9249543,2	0,73
28	597813,84	9249535,3	597824,11	9249514,41	0,97
29	597825,57	9249508,55	597828,44	9249497,71	0,84
30	597838,85	9249460,31	597841,74	9249449,98	0,56
31	597842,91	9249446,87	597844,08	9249443,85	0,93
32	597858,03	9249399,65	597859,62	9249394,82	0,74
33	597861,03	9249390,53	597864,08	9249382,13	0,74
34	597888,98	9249290,44	597893,81	9249308,54	0,49
35	597886,8	9249326,49	597883,82	9249330,41	0,46
36	597878,08	9249337,82	597862,69	9249358,84	0,93
37	597844,5	9249395,78	597842,8	9249401,11	0,75
38	597841,59	9249405,72	597838,35	9249417,00	0,74
39	597831,96	9249432,05	597830,03	9249436,69	1,00
40	597824,58	924950,24	597822,14	9249456,03	0,66
41	597817,72	9249465,2	597811,67	9249478,19	1,15
42	597804,65	9249501,06	597803,04	9249507,03	1,36
43	597802,33	9249509,25	597798,44	9249519,95	0,81
44	597763,05	9249554,12	597766,86	9249536,34	0,89
45	597770,74	9249521,39	597775,06	9249500,73	1,12
46	597792,72	9249394,61	597793,41	9249388,67	0,59
47	597793,85	9249381,01	597794,05	9249374,08	0,66
48	597893,53	9249354,44	597890,39	9249363,97	0,76
49	597888,65	9249367,74	597884,41	9249377,1	1,20

Lampiran 3. Lokasi Serta Ketebalan Runtuhan Dermaga di bawah permukaan dasar laut

No	Awal		Akhir		Tebal (m)
	Timur (X)	Utara (Y)	Timur (X)	Utara (Y)	
1	597862,39	9249359,42	597846,28	9249391,13	0,98
2	597830,32	9249436,08	597821,48	9249457,45	1,36
3	597811,85	9249477,82	597801,07	9249513,44	0,86
4	597798,09	9249520,67	597789,28	9249538,6	1,13
5	597766,65	9249537,13	597770,81	9249521,16	1,61
6	597776,16	9249494,85	597783,28	9249451,4	1,18
7	597784,74	9249443,81	597788,59	9249423,92	1,32
8	597865,86	9249417,83	597863,24	9249423,58	1,38
9	597856,18	9249440,65	597851,14	9249452,65	0,86
10	597827,7	9249513,39	597820,56	9249528,08	1,45
11	597818,37	9249533,38	597815,85	9249538,64	1,36
12	597813,49	924954,72	597810,35	9249548,36	1,25
13	597806,49	9249648,58	597809,39	9249542,81	1,46
14	597860,81	9249399,48	597870,2	9249367,09	0,99

Lampiran 4. Peta Sebaran Runtuhan Dermaga



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BIODATA PENULIS

Penulis lahir di Jambi, 9 Desember 1997, dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Kaffah Unggul Tangerang, SMPIT Al-Kahfi Bogor, dan SMAN 65 Jakarta. Selanjutnya penulis mengikuti jenjang pendidikan S1 di Departemen Teknik Geomatika ITS. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi intra kampus yaitu Badan Eksekutif Mahasiswa ITS (BEM-ITS) periode 2017-2018 sebagai anggota Kementrian Sosial Masyarakat. Penulis juga tergabung dalam Lembaga Pers Mahasiswa (LPM) Satu Kosong ITS sebagai Tim Redaksi pada periode 2017-2018 serta sebagai Ketua Divisi Hubungan Masyarakat pada periode 2018-2019. Selain itu penulis telah melakukan Kerja Praktik di PT. Pageo Utama pada tahun 2019 dengan bidang kerja inspeksi pipa bawah laut menggunakan *dual-head scanning profiler*. Untuk menyelesaikan Tugas Akhir, penulis mengambil bidang keahlian hidrografi dengan judul Identifikasi Runtuhan Dermaga pada Dasar Laut Menggunakan *Sub-Bottom Profiler* dan *Side Scan Sonar*.