

## IDENTIFIKASI FREE SPAN PADA JALUR PIPA LEPAS PANTAI DENGAN MENGGUNAKAN MULTIBEAM ECHOSOUNDER DAN SIDE SCAN SONAR

Ahmad Faishal Matazah Putra, Bandi Sasmito, Fauzi Janu Amarrohman <sup>\*)</sup>

Fakultas Teknik Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
Email: faishalmatazah@gmail.com

### ABSTRAK

Pelaksanaan kegiatan pengeboran dan pengolahan pada industri minyak dan gas perlu dilakukan pemeriksaan terhadap setiap komponen yang menunjang untuk menjalankan seluruh kegiatan dari hulu hingga hilir. Salah satu komponen yang penting untuk dilakukan pemeriksaan dan perawatan adalah pipa. Pipa berfungsi sebagai sarana pengaliran atau media transportasi minyak atau gas bumi. Dalam pemasangan pipa bawah laut terdapat tahapan-tahapan yang umumnya dilakukan saat pemasangan pipa. Pada pemeriksaan pipa bawah laut, hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu adalah meninjau aspek lingkungan dan struktur pada pipa agar tidak terjadi gangguan pada pipa. Permasalahan yang dapat terjadi pada pipa adalah *free span*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengolahan data *multibeam echosounder* (MBES) dan *side scan sonar* (SSS). Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data *multibeam echosounder*, *sound velocity profiler*, pasang surut, dan *side scan sonar*. Identifikasi *free span* dilakukan secara visual berdasarkan interpretasi pada bayangan yang terbentuk pada jalur pipa tersebut. Pada area penelitian memiliki kondisi topografi yang beragam. Hal ini dapat menyebabkan *free span* pada jalur pipa. Hasilnya terdapat 24,15% dari total panjang keseluruhan pipa diidentifikasi sejumlah 60 titik *free span* sepanjang 1376,7 m dari total panjang pipa sebesar 5,7 km. Panjang maksimal di lokasi penelitian sebesar 59,0 meter dengan tinggi pada titik *free span* tersebut sebesar 0,5 meter. Tinggi maksimal *free span* pada lokasi penelitian sebesar 1,6 meter dengan panjang pada titik *free span* tersebut sebesar 25,8 meter. Indikasi *free span* dari hasil pengolahan data MBES dan SSS dapat membantu identifikasi *hazard* yaitu berupa tinggi, panjang dan koordinat *free span* pada pipa di lokasi penelitian.

**Kata Kunci:** *Multibeam Echosounder, Side Scan Sonar, Pipa, Free Span*

### ABSTRACT

*Implementation of drilling and processing activities in the oil and gas industry needs to be examined on every component that supports to run all activities from upstream to downstream. One of the most important components for inspection and maintenance is the pipeline. Pipe serves as a means of drainage or transport medium of oil or gas. In the installation of subsea pipes there are stages that are generally done during the installation of pipes. At the examination of submarine pipelines, the first thing to note is to look at the environmental aspects and structures in the pipeline. The problem that can occur in the pipe is free span. The method used in this research is multibeam echosounder data processing (MBES) and side scan sonar (SSS). Data used in this research are multibeam echosounder data, sound velocity profiler, tidal, and side scan sonar. The free span identification was performed visually based on the interpretation on the shadow formed on the pipeline. In the research area has a variety of topographic conditions. This situation could make free span on the pipeline. The result is that 24,15% of the total length of the pipe is identified as 60 free span points along 1376,7 m of the total pipe length of 5,7 km. The maximum length at the research site is 59,0 meters with the height at the free span point of 0,5 meters. High maximum free span at the research location of 1,6 meters with a length at the point of free span is 25,8 meters. The free span indication of MBES and SSS data processing results can help identify hazards in the form of height, length and free span coordinates of the pipe at the study site.*

**Keywords :** *Multibeam Echosounder, Side Scan Sonar, Pipe, Free Span*

<sup>\*)</sup> Penulis Utama, Penanggung Jawab

## I Pendahuluan

### I.1 Latar Belakang

Industri minyak dan gas merupakan industri yang membutuhkan biaya yang cukup besar dalam merencanakan, membangun dan dalam perawatannya. Menurut Johari, J. (2014) pada pelaksanaan kegiatan pengeboran dan pengolahan perlu dilakukan pemeriksaan terhadap setiap komponen atau perlengkapan yang menunjang dalam menjalankan seluruh kegiatan pada industri ini dari hulu hingga hilir. Tujuannya adalah untuk *monitoring* setiap proses agar terhindar dari kecelakaan kerja maupun kerugian dalam investasi. Salah satu komponen yang penting untuk dilakukan pemeriksaan dan perawatan adalah pipa. Pipa berfungsi sebagai sarana pengaliran atau media transportasi minyak atau gas bumi.

Berdasarkan *Det Norske Veritas Recommended Practice F105-2006* (DNV RP-F105-2006) *Free Spanning Pipelines*, dalam perawatan pipa pada bangunan lepas pantai perlu dilakukan inspeksi dan identifikasi terhadap kondisi pipa untuk menentukan apakah terdapat gangguan dan tegangan yang terjadi serta dapat diterima sesuai dengan regulasi internasional atau kode persyaratan dengan klien selama pemasangan, pengujian dan pengoperasian pipa. Dalam pemasangan pipa bawah laut terdapat tahapan-tahapan yang umumnya dilakukan saat pemasangan pipa. Setiap tahapan yang dilakukan memiliki spesifikasi dan tujuan tersendiri dengan tujuan agar pemasangan pipa bawah laut berjalan aman (Lekkerkerk, H. 2012a). Pada pemeriksaan pipa bawah laut, hal yang harus diperhatikan terlebih dulu adalah meninjau aspek lingkungan dan struktur pada pipa agar tidak terjadi gangguan pada pipa. Permasalahan yang dapat terjadi pada pipa diantaranya adalah *free span*.

Penelitian tugas akhir ini melakukan identifikasi *free span* pada pipa. Hal ini penting untuk dilakukan secara berkala untuk menghindari *hazard* yang akan dihasilkan akibat dari *free span*, seperti *buckling* dan kebocoran pada pipa. Metode yang digunakan untuk menganalisis *free span* dengan menggunakan metode pengolahan data pada *Multibeam Echosounder* (MBES) dan *Side Scan Sonar* (SSS). MBES digunakan untuk survei batimetri agar mendapatkan data kedalaman, topografi dasar laut dan mengetahui lintasan pada jalur pipa (Erwanti, S. R. 2015). Sedangkan, SSS menggunakan transduser dengan *beam* tunggal (*single conical beam*), sehingga pada setiap perekaman mendapatkan sonar *image* untuk mendeteksi pipa. SSS dapat dimanfaatkan untuk

interpretasi objek secara kualitatif maupun kuantitatif.

### I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi topografi dasar laut pada wilayah penelitian dari hasil survei dan pengolahan data MBES?
2. Berapa tinggi dan panjang *free span* pipa bawah laut di lokasi penelitian dari hasil interpretasi SSS?
3. Apakah indikasi *free span* dari hasil pengolahan data MBES dan SSS dapat mengidentifikasi gangguan yang membahayakan pada jalur pipa di lokasi penelitian?

### I.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan pengolahan data MBES menggunakan *software* QINSy 8,1 dan pengolahan data SSS menggunakan *software* SonarWiz 5.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi topografi dasar laut pada lokasi penelitian menggunakan data MBES dan melakukan identifikasi *free span* pada pipa di lokasi penelitian.

### I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis pada penelitian ini fokus kepada indikasi *free span* pada jalur pipa di lokasi penelitian dengan jarak pipa 5,7 km.
2. Data yang digunakan adalah data hasil survei MBES dan SSS dari PT. Pageo Utama.
3. Data yang menjadi objek penelitian ada pada daerah yang memiliki instalasi pipa.
4. Metode yang digunakan pada penelitian adalah metode pengolahan pada MBES dan SSS.
5. Data MBES yang digunakan merupakan data hasil survei yang dilakukan pada area yang memiliki nilai kedalaman bervariasi.
6. Hasil dan identifikasi yang diperoleh dari pengolahan data SSS berupa panjang *free span*, tinggi *free span*, dan koordinat posisi *free span*.

## II Tinjauan Pustaka

### II.1 *Multibeam Echosounder* (MBES)

MBES merupakan alat untuk menentukan kedalaman air dengan cakupan area dasar laut yang

luas. Prinsip operasi alat ini secara umum adalah berdasar pada pancaran pulsa yang dipancarkan secara langsung ke arah dasar laut dan setelah itu energi akustik dipantulkan kembali dari dasar laut (*seabed*), beberapa pancaran suara (*beam*) secara elektronis terbentuk menggunakan teknik pemrosesan sinyal sehingga diketahui sudut *beam*.

Survei batimetri dengan *echosounder* memberikan gambaran kedalaman air (*sea bottom profile*) beserta kondisi topografinya pada jalur pipa. Teknologi baru pada peta batimetri dalam bentuk 3D menunjukkan konfigurasi dasar laut lebih jelas daripada peta batimetri dalam bentuk 2D (Lee, J. 2007).

Menurut Lekkerkerk, H. (2012c), MBES dapat mengukur kedalaman area yang disurvei dalam bentuk sapuan luasan di sepanjang area tersebut. Dinamika air laut dan pergerakan kapal menyebabkan kapal tempat MBES dipasang tidak stabil. Ketidakstabilan kapal menyebabkan kapal bergerak naik-turun pada bagian depan-belakang (*pitch*), naik-turun pada bagian samping (*roll*), dan bergerak ke kanan-kiri atau tidak bergerak lurus (*yaw*). Pergerakan-pergerakan ini menyebabkan kedalaman yang diukur oleh MBES tidak akurat. Selain itu, terdapat interval perbedaan waktu antara sistem penentuan posisi (GPS) dan MBES. Perbedaan waktu ini disebut dengan *latency*. Untuk itu, perlu dilakukan kalibrasi kesalahan akibat pergerakan tersebut juga *latency* dengan menggunakan metode *patch test*. *Patch test* dapat menentukan perbedaan sudut antara sensor karena waktu penentuan posisi GPS tidak sama dengan waktu *output*-nya.

## II.2 Pasang Surut Laut

Fenomena pasang surut permukaan air laut merupakan suatu fenomena yang terjadi di setiap pantai dan setiap waktu di permukaan bumi ini. Fenomena ini sering disebut dengan sebutan pasut yang merupakan suatu kejadian alam berupa proses naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik atau harmonik. Adanya pergerakan ini ditimbulkan oleh karena adanya gaya tarik menarik antara benda benda langit yang ada di angkasa. Gaya tarik menarik yang paling besar adalah disebabkan oleh gaya tarik matahari dan gaya tarik oleh bulan terhadap massa air yang ada di bumi (Zakaria, A. 2015). Terdapat dua cara dalam pengamatan pasut laut, pertama dengan cara manual yaitu dengan memakai rambu ukur yang diletakkan di pinggir laut kemudian dibaca manual setiap 30 menit. Lalu cara yang kedua dengan cara otomatis, yaitu

menggunakan alat *pressure tide gauge*. Data pada alat tersebut sudah terekam secara otomatis dan data pengamatan bisa diunduh lalu dapat diolah.

## II.3 Sound Velocity Profiler (SVP)

Menurut Lekkerkerk, H. (2012a) *Sound Velocity Profile* (SVP) digunakan untuk mengoreksi pembiasan gelombang akustik yang disebabkan karena melewati lapisan yang berbeda di *water column*, maka kita harus mengetahui kecepatan suara di *water column* tersebut. Pengukuran itu disebut *Sound Velocity Profile* (SVP). SVP diperoleh dengan memancarkan instrumen dari permukaan laut menuju dasar laut untuk mengukur kecepatan suara secara langsung atau mencatat variabel untuk menentukan kecepatan suara dalam air berupa konduktivitas, temperatur dan tekanan.

SVP dapat mengukur gelombang suara dan berfungsi untuk mengoreksi pembiasan gelombang akustik yang disebabkan karena melewati lapisan yang berbeda di *water column*. SVP diperoleh dengan memancarkan instrumen dari permukaan laut menuju dasar laut untuk mengukur kecepatan suara secara langsung atau mencatat variabel untuk menentukan kecepatan suara dalam air.

## II.4 Side Scan Sonar (SSS)

*Side scan sonar* (SSS) dapat digunakan untuk menghasilkan gambar di bawah permukaan laut (*seabed*) yang berfungsi untuk mencari objek di permukaan laut seperti pipa, rekahan, kondisi penambangan, menganalisis dan mengklasifikasi kondisi geologi, serta menginspeksi konstruksi di bawah permukaan laut (Lekkerkerk, H. 2012c). SSS dapat digunakan untuk mengidentifikasi penghalang (*obstructions*), *outcrops*, kesalahan (*faults*), puing-puing (*debris*), *pockmarks*, ventilasi gas, bekas jangkar (*anchor scars*), *pipelines*, dan lain-lain.

## II.5 Free Span

Rentang pada pipa (*pipeline span*) dapat terjadi karena adanya penyimpangan di dasar laut selama pemasangan pipa dan terdapat gerakan pada dasar laut yang bergerak. Berdasarkan standar internasional *Det Norske Veritas Recommended Practice F105-2006 (DNV RP-F105-2006) Free Spanning Pipelines*, faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *free span* pada penelitian ini adalah ketidakrataan dasar laut, perubahan kondisi dasar laut akibat *sand scouring*, dan pengaruh *pipe support*. Analisis *free span* diperlukan untuk menjaga kondisi pipa di bawah laut, mendeteksi potensial pipa yang membentang

sepanjang rute, menentukan batas rentang pipa yang diijinkan, memeriksa kerusakan pada jalur pipa dan pipa serta perbaikannya. *Free span* mengakibatkan luasan beban tidak tertumpu pada sebuah pipa saat pipa tersebut menjalankan operasinya. Selain itu, *free span* juga dapat terjadi jika pada rute pipa tersebut memiliki persimpangan (*crossing*) dengan pipa atau kabel lain di bawah laut. Kondisi *free span* dapat dikenali dari adanya bayangan yang lebih jauh dari objek dibandingkan dengan bayangan objek pipa yang tidak mengalami kondisi *free span*.

**III Metodologi Penelitian**

**III.1 Data dan Metodologi**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Komputer dan Printer, digunakan untuk mendukung proses pengetikan dalam pembuatan tugas akhir.
2. QINSy 8,1 digunakan untuk mengolah data *multibeam echosounder* (MBES), pasang surut, dan *sound velocity profile* (SVP).
3. SonarWiz 5 digunakan untuk pengolahan data *side scan sonar* (SSS) dalam mencari posisi, tinggi dan koordinat *free span* sepanjang jalur pipa.
4. AutoCAD Map 3D 2010 digunakan untuk mencari panjang *free span* pada jalur pipa.
5. Global Mapper digunakan untuk memodelkan 3D *free span*.
6. Microsoft Office 2010 (*Excel, Visio, Word*), digunakan untuk proses penyajian tugas akhir dalam bentuk tulisan yang terdiri dari tulisan atau teks, diagram, data tabel maupun gambar.

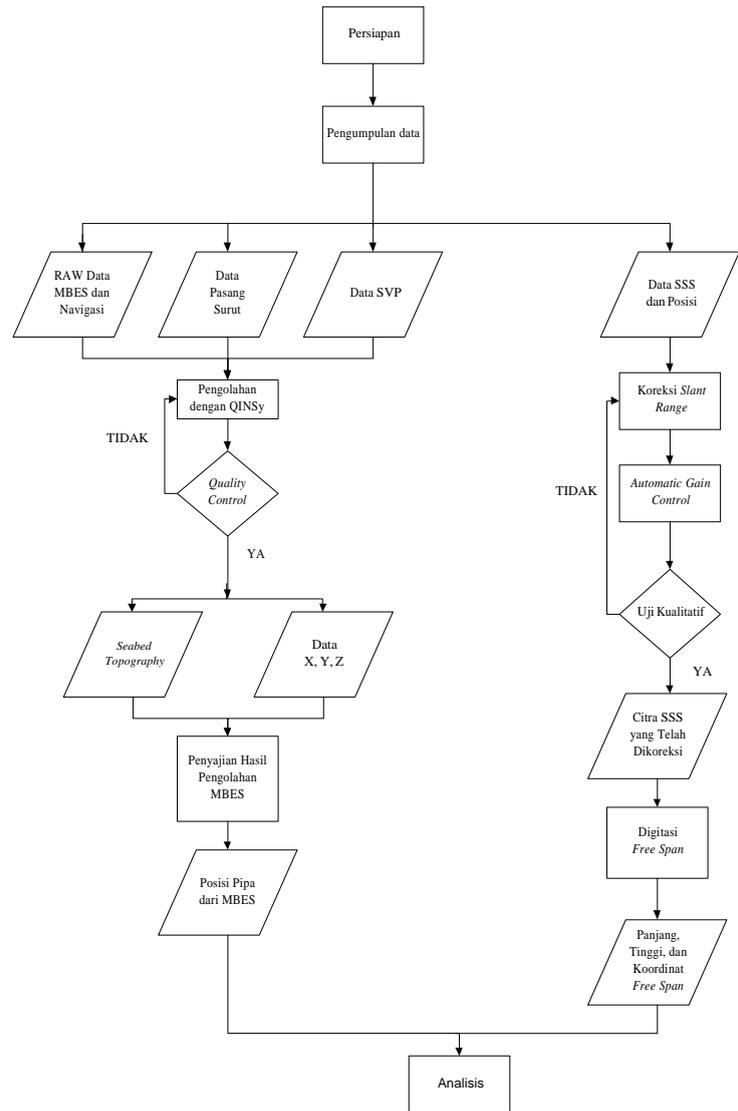
**III.2 Data Penelitian**

Data penelitian yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data MBES dari PT. Pageo Utama.
2. Data pasang surut dari PT. Pageo Utama.
3. Data SVP dari PT. Pageo Utama.
4. Data SSS dari PT. Pageo Utama.

**III.3 Metode Penelitian**

Dalam Penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode pengolahan pada data MBES dan SSS. Sehingga dapat diidentifikasi *free span* yang terjadi pada lokasi penelitian dan kondisi topografi tersebut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

**III.4 Pelaksanaan Penelitian**

Pelaksanaan penelitian telah dijelaskan secara sederhana melalui diagram alir pada Gambar 1. Pelaksanaan penelitian dimulai dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan.

**III.4.1 Pengolahan Data Multibeam Echosounder (MBES)**

Pengolahan data MBES menggunakan *software* QINSy 8,1. Pada tahap ini merupakan tahap awal untuk processing data MBES. Data yang dihasilkan berupa data *TIFF* yang menggambarkan bentuk 2D dari lokasi penelitian dan data koordinat serta kedalaman terukur. Untuk menguji akurasi data kedalaman terukur perlu penghitungan batas toleransi kesalahan berdasarkan SNI 7646-2010 Survei Hidrografi dengan rumus:

$$\text{Toleransi Kesalahan} = \pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \dots\dots(1)$$

Keterangan :

- a = kesalahan independen
- b = faktor kesalahan kedalaman yang bersifat dependen
- d = kedalaman terukur
- (b x d) = kesalahan kedalaman yang dependen

*Sample* data MBES dibatasi sejumlah 100 titik yang berurutan dan tersebar merata dengan tujuan untuk memeriksa bahwa *sample* tersebut memiliki ketelitian yang lebih baik dari data MBES secara keseluruhan. Pengambilan *sample* disebar secara merata dengan tidak berdasarkan topografi kelerengan.

### III.4.2 Pengolahan Data Pasang Surut

Data pasang surut bertujuan untuk mereduksi nilai kedalaman pada lokasi penelitian ke dalam satu referensi yang sama yaitu MSL. Data ini bertujuan untuk mendapatkan data kedalaman laut yang benar. Cara memperoleh data tersebut yaitu menggunakan alat *pressure tide gauge*. Bacaan pada alat tersebut sudah terekam secara otomatis dan data pengamatan dapat diunduh serta dimasukkan pada *software* QINSy 8,1.

### III.4.3 Pengolahan Data Sound Velocity Profiler (SVP)

Pengolahan data SVP pada QINSy 8,1 adalah dengan *input* data *sound velocity profile* (SVP) dan lakukan pemrosesan SVP pada tanggal 9 November 2015 dan 10 November 2015 dengan tujuan untuk mengoreksi nilai kedalaman. SVP dapat merekam kecepatan suara dari permukaan laut hingga ke dasar laut yang menghasilkan profil. Profil ini selanjutnya dimasukkan ke MBES untuk mendeteksi gelombang yang dipancarkan di air. Nilai SVP beragam, karena pada lokasi penelitian memiliki nilai kerapatan yang berbeda-beda.

### III.4.4 Quality Control Data

*Quality control data* diperlukan untuk mendapatkan nilai kalibrasi *pitch*, *roll*, dan *yaw* dari MBES. Hasil kalibrasi pada *quality control* dianggap benar apabila pada tampilan *swath view* saling berhimpit. Jika pada proses kalibrasi belum saling berhimpit, maka kalibrasi *roll*, *pitch*, dan *yaw* harus diulangi agar memenuhi syarat kalibrasi.

### III.4.5 Pengolahan Data Survei Side Scan Sonar

Data hasil survei SSS diolah menggunakan perangkat lunak SonarWiz 5. Tujuan dari pengolahan data ini untuk mendapatkan informasi *free span* pada pipa, letak dan tinggi *free span*. Perangkat lunak SonarWiz 5 dapat mengolah data SSS secara *real time processing* dan *post processing*. Biasanya pengolahan data secara *real time processing* dilakukan pada saat akuisisi data SSS dan membantu untuk memberikan koreksi akibat adanya distorsi pada SSS. Pengolahan data secara *post processing* adalah pengolahan data SSS dalam bentuk interpretasi data. Hasil dari proses interpretasi citra ini akan baik, jika sebelumnya dilakukan koreksi pada data hasil survei.

### III.4.6 Uji Kualitatif

Setelah melakukan proses koreksi *slant range* dan AGC, maka dapat dilakukan uji kualitatif. Uji kualitatif dapat dilakukan dengan melihat hasil mozaik pada pengolahan data SSS yang ditampilkan bahwa data tersebut sudah memenuhi syarat dan siap diolah selanjutnya untuk mengidentifikasi *free span*. Jika ya, maka hasil mozaik tersebut sudah jelas ditandai dengan warna abu-abu, namun jika masih berwarna putih, maka uji kualitatif tidak memenuhi syarat karena data tidak bisa diolah untuk mengidentifikasi *free span*.

### III.4.7 Penyajian Posisi Pipa dari MBES

Penyajian posisi pipa dari MBES bertujuan untuk merepresentasikan kondisi kedalaman dan topografi pada area penelitian. Data yang disajikan ditampilkan dalam bentuk TIFF dan X, Y, Z untuk mengetahui kondisi topografi dan jalur pipa.

### III.4.8 Digitasi dan Pengukuran Free Span

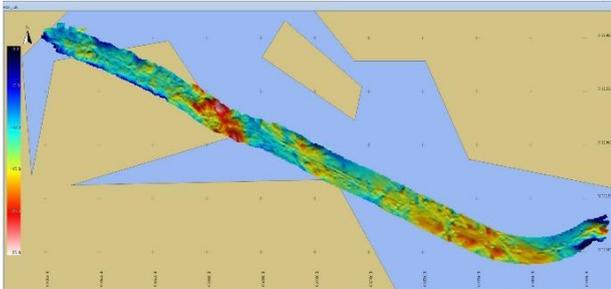
Digitasi dan pengukuran *free span* bertujuan untuk mengetahui letak *free span*, mengukur tinggi dan panjang *free span* pada area penelitian yang dilakukan secara visual dengan cara melihat bayangan yang terbentuk pada pipa.

## IV Hasil dan Pembahasan

### IV.1 Uji Akurasi Kedalaman MBES

Pada instrument survei MBES, data yang telah diolah pada QINSy 8,1 akan menghasilkan *output* yaitu berupa bentuk topografi dasar laut dan hasil identifikasi jalur pipa. Gambar 2 menampilkan keseluruhan lokasi penelitian dalam bentuk 2D secara umum. Pada lokasi penelitian, memiliki kedalaman terendah sekitar 0,922 meter dan tertinggi sekitar 24,395 meter. Pada Gambar 2 dapat

merepresentasikan *range* kedalaman pada area penelitian. Pada *seabed*, warna biru tua menjelaskan kedalaman sekitar 0 – 5,00 meter. Pada warna biru muda menjelaskan kedalaman sekitar 5,10 – 10,00 meter. Pada warna kuning menjelaskan kedalaman sekitar 10,10 – 15,00 meter. Pada warna merah menjelaskan kedalaman sekitar 15,10 – 20,00 meter.



Gambar 2. Topografi Dasar Laut 2D pada Lokasi Penelitian

MBES dapat memberikan data kedalaman secara lengkap serta bentuk topografi dasar laut untuk membantu validasi data dalam menganalisis *free span* pipa di dasar laut. Pada Tabel 1 dapat menampilkan *sample* data MBES di lokasi penelitian.

Tabel 1. *Sample* Data MBES

No	Northing (m)	Easting (m)	Kedalaman (m)	$\Delta t$
1	382956	110885	15,726	0,112
2	382964	110885	15,614	
3	382972	110885	15,549	0,062
4	382980	110885	15,487	
5	382988	110885	15,556	-0,059
6	382996	110885	15,615	
7	383004	110885	14,937	2,325
8	382844	110893	12,612	
9	382852	110893	12,467	0,719
10	382860	110893	11,748	
11	382868	110893	11,718	-0,165
12	382876	110893	11,883	
13	382884	110893	11,747	-2,462
14	382892	110893	14,209	
15	382900	110893	15,924	-0,296
16	382908	110893	16,220	
17	382916	110893	16,168	0,172
18	382924	110893	15,996	

No	Northing (m)	Easting (m)	Kedalaman (m)	$\Delta t$
19	382932	110893	15,823	0,109
20	382940	110893	15,714	
21	382948	110893	15,803	0,083
22	382956	110893	15,720	
23	382964	110893	15,555	0,089
24	382972	110893	15,466	
25	382980	110893	15,335	-0,223
26	382988	110893	15,558	
27	382996	110893	15,820	-0,014
28	383004	110893	15,834	
29	383012	110893	15,870	-0,022
30	383020	110893	15,892	
31	383028	110893	16,023	-0,041
32	383036	110893	16,064	
33	383044	110893	16,176	-0,100
34	383052	110893	16,276	
35	383060	110893	16,299	0,077
36	383068	110893	16,222	
37	383076	110893	16,079	0,110
38	383084	110893	15,969	
39	383092	110893	15,818	0,103
40	383100	110893	15,715	
41	383108	110893	15,595	0,075
42	383116	110893	15,520	
43	383124	110893	14,983	-0,012
44	383132	110893	14,995	
45	382780	110901	11,825	-0,783
46	382788	110901	12,608	
47	382796	110901	12,434	-1,134
48	382812	110901	13,568	
49	382820	110901	13,585	0,014
50	382828	110901	13,571	
51	382836	110901	13,433	0,310
52	382844	110901	13,123	
53	382852	110901	12,656	0,898
54	382860	110901	11,758	
55	382868	110901	11,843	0,020
56	382876	110901	11,823	

Tabel IV-1. *Sample Data MES (Lanjutan)*

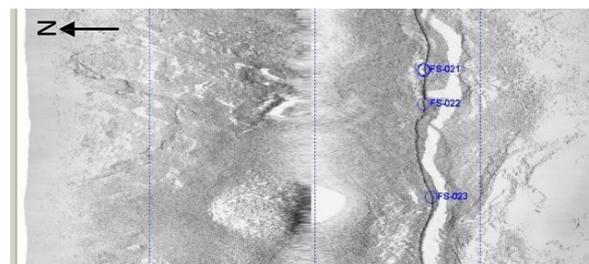
No	Northing (m)	Easting (m)	Kedalaman (m)	$\Delta t$
57	382884	110901	12,793	-2,160
58	382892	110901	14,953	
59	382900	110901	15,828	-0,042
60	382908	110901	15,870	
61	382916	110901	15,767	0,144
62	382924	110901	15,623	
63	382932	110901	15,411	-0,004
64	382940	110901	15,415	
65	382948	110901	15,360	0,120
66	382956	110901	15,240	
67	382964	110901	15,115	-0,202
68	382972	110901	15,317	
69	382980	110901	15,496	-0,221
70	382988	110901	15,717	
71	382996	110901	15,808	-0,160
72	383004	110901	15,968	
73	383012	110901	16,050	-0,004
74	383020	110901	16,054	
75	383028	110901	16,197	-0,078
76	383036	110901	16,275	
77	383044	110901	16,314	-0,027
78	383052	110901	16,341	
79	383060	110901	16,313	0,056
80	383068	110901	16,257	
81	383076	110901	16,140	0,091
82	383084	110901	16,049	
83	383092	110901	15,941	0,079
84	383100	110901	15,862	
85	383108	110901	15,826	0,048
86	383116	110901	15,778	
87	383124	110901	15,714	0,187
88	383132	110901	15,527	
89	383140	110901	15,249	-0,043
90	383148	110901	15,292	
91	383156	110901	15,473	0,198
92	383164	110901	15,275	
93	383172	110901	15,013	1,547
94	382748	110909	13,466	

No	Northing (m)	Easting (m)	Kedalaman (m)	$\Delta t$
95	382756	110909	13,929	0,347
96	382764	110909	13,582	
97	382772	110909	13,114	0,471
98	382780	110909	12,643	
99	382788	110909	12,401	0,003
100	382796	110909	12,398	
Kedalaman Minimum <i>Sample</i> (m)			11,718	
Kedalaman Maksimum <i>Sample</i> (m)			16,341	
Rata-Rata Kedalaman <i>Sample</i> (m)			14,917	
Total $\Delta t$ <i>Sample</i> (m)			0,317	
<i>Mean</i> $\Delta t$ <i>Sample</i> (m)			0,006	
Toleransi Kesalahan <i>Sample</i> Data MBES			0,500	
<i>Mean Depth</i> Keseluruhan data MBES (m)			12,562	
Toleransi Kesalahan Keseluruhan Data MBES			0,643	

Berdasarkan Tabel 1 menghasilkan nilai *easting*, *northing* dan kedalaman. Ketelitian tersebut masuk ke dalam orde 1 dengan nilai toleransi kesalahan pada lokasi penelitian sebesar 0,643 dan toleransi kesalahan pada *sample* sebesar 0,500. Pada area penelitian ini memiliki nilai kedalaman yang beragam. Kondisi topografi yang beragam ini dapat menjadi salahsatu faktor penyebab terjadinya *free span* sepanjang jalur pipa di lokasi penelitian.

#### IV.2 Identifikasi *Free Span* Dari Pengolahan *Side Scan Sonar* (SSS)

Hasil pengolahan data tersebut digunakan untuk mengukur *target height* (tinggi) *free span* dan validasi letak *free span*. Pada Gambar 3 didapatkan hasil pengolahan SSS dengan menunjukkan letak *free span* pada FS-021, FS-022, FS-023 yang ditandai dengan lingkaran berwarna biru dan pipa dengan garis berwarna hitam.



Gambar 3. *Free Span* Hasil Pengolahan SSS

Berdasarkan hasil pengolahan SSS, didapatkan hasil *free span* yang terjadi pada area survei pipa sepanjang 5,7 km sebanyak 60 *free span*. Berikut data *free span* berupa penamaan, koordinat, tinggi dan panjang *free span* pada Tabel 2.

Tabel 2. Koordinat, Tinggi, dan Panjang *Free Span* di Lokasi Survei

<i>Free Span</i>	Koordinat		Tinggi <i>Free Span</i> (m)	Panjang <i>Free Span</i> (m)
	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)		
FS-001	378678,32	112968,55	0,7	20,6
FS-002	378888,07	112909,20	0,6	29,2
FS-003	378908,53	112902,17	0,9	31,0
FS-004	379049,92	112840,73	0,7	27,5
FS-005	379067,82	112832,70	0,6	16,1
FS-006	379114,07	112811,27	0,3	19,9
FS-007	379158,71	112792,84	0,4	11,2
FS-008	379217,52	112765,18	0,4	22,8
FS-009	379265,32	112739,80	0,4	32,5
FS-010	379302,90	112723,62	0,8	22,5
FS-011	379344,46	112701,31	0,5	26,5
FS-012	379368,41	112689,86	0,7	30,4
FS-013	379396,45	112675,91	0,6	18,0
FS-014	379439,09	112655,13	0,3	15,0
FS-015	379511,27	112616,97	0,9	40,2
FS-016	379604,15	112572,11	0,5	16,7
FS-017	379619,28	112564,91	0,4	15,7
FS-018	379635,62	112556,39	0,7	16,4
FS-019	379647,18	112551,68	0,6	14,4
FS-020	379671,80	112539,14	1,0	32,4
FS-021	379702,05	112524,70	1,6	25,8
FS-022	379712,58	112519,31	1,2	22,9
FS-023	379741,73	112501,96	0,5	18,0
FS-024	379794,25	112472,47	0,5	24,4
FS-025	379817,34	112460,50	0,5	27,8
FS-026	379833,23	112448,25	0,7	31,5
FS-027	379857,72	112431,56	0,5	48,6
FS-028	379895,03	112403,45	0,5	18,6
FS-029	379966,30	112354,49	0,6	26,8
FS-030	379988,09	112336,35	0,5	59,0
FS-031	380044,73	112298,23	0,8	25,5
FS-032	380105,98	112262,48	0,8	55,3
FS-033	380153,25	112233,13	0,4	22,5

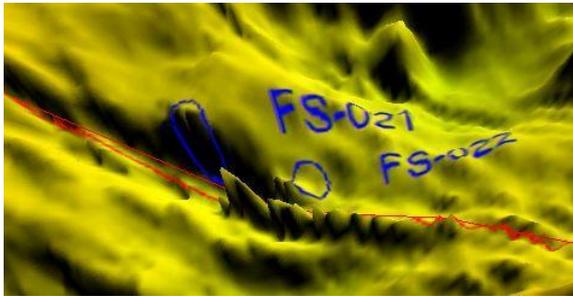
<i>Free Span</i>	Koordinat		Tinggi <i>Free Span</i> (m)	Panjang <i>Free Span</i> (m)
	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)		
FS-034	380182,04	112220,89	0,9	49,1
FS-035	380229,77	112200,34	0,7	33,0
FS-036	380284,84	112177,99	0,6	38,2
FS-037	380312,85	112166,34	0,3	18,8
FS-038	380424,82	112129,34	0,2	19,9
FS-039	380442,19	112123,65	0,5	20,9
FS-040	380463,89	112116,97	0,4	13,9
FS-041	380574,26	112078,35	0,3	20,8
FS-042	380597,98	112068,66	0,3	17,3
FS-043	381578,37	111581,27	0,9	14,3
FS-044	381586,51	111576,57	0,9	19,5
FS-045	381890,04	111425,62	0,9	19,7
FS-046	381910,32	111415,74	1,5	14,0
FS-047	381922,89	111409,56	1,1	10,1
FS-048	381933,59	111403,12	0,4	9,5
FS-049	382005,82	111365,36	0,4	27,2
FS-050	382280,41	111226,59	0,3	9,6
FS-051	382306,86	111213,81	0,5	9,1
FS-052	382315,71	111208,93	0,5	7,3
FS-053	382323,79	111204,99	0,4	13,5
FS-054	382352,09	111191,71	0,5	19,9
FS-055	382785,06	111016,96	0,5	12,7
FS-056	382800,90	111013,40	0,7	11,0
FS-057	382809,62	111011,75	0,8	11,3
FS-058	382845,04	111007,69	0,4	24,4
FS-059	382930,75	111001,38	0,3	25,1
FS-060	382961,72	110999,79	0,3	20,9
Total			-	13,7
Rata-rata			0,6	22,9
Minimum			0,2	7,3
Maksimum			1,6	59,0

Tabel 2 memberikan informasi bahwa pada jalur pipa sepanjang 5,7 km di lokasi penelitian terdapat 60 titik *free span* dengan penamaan FS-001 sampai dengan FS-060. *Free span* tersebut memiliki koordinat posisi, tinggi dan panjang *free span*. Berdasarkan data pada Tabel 2 pada FS-021 memiliki tinggi maksimum *free span* pada lokasi penelitian sebesar 1,6 meter dengan panjang 25,8 meter di titik *free span* tersebut. Sedangkan pada

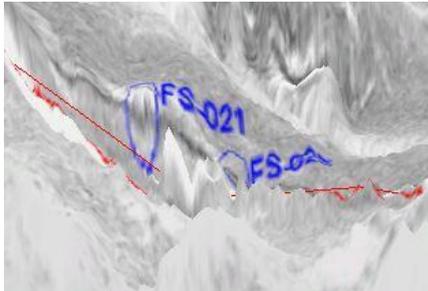
FS-030 memiliki panjang maksimum *free span* di lokasi penelitian sebesar 59,0 Meter dengan tinggi pada titik *free span* tersebut sebesar 0,5 meter.

### IV.3 Identifikasi Free Span 3D

Berdasarkan data *free span* hasil pengolahan, dalam penelitian ini terdapat 2 parameter yang digunakan untuk menentukan kestabilan pipa bawah laut yaitu batimetri dan kondisi topografi dasar laut. Pada hasil pengolahan data MBES menunjukkan bahwa area penelitian memiliki kondisi topografi yang sangat variatif dan memiliki kontur kedalaman yang beragam. Ketidakteraturan profil dasar laut dapat menimbulkan ketidakteraturan dasar laut yang menyebabkan *free span*. Dari hasil pengolahan SSS, dapat mengidentifikasi *free span* di lokasi penelitian berupa posisi, panjang dan tinggi *free span*. Gambar berikut di bawah ini merupakan bentuk visualisasi *free span* dalam bentuk 3D.

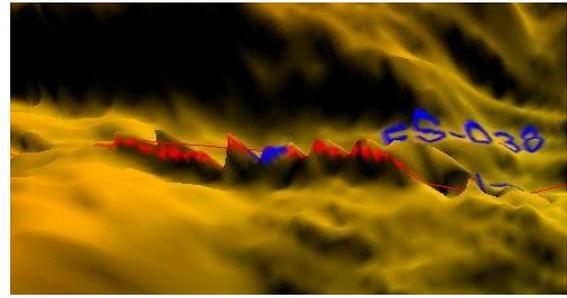


Gambar 4. Visualisasi 3D *Free Span* Tertinggi Data MBES (FS-021)

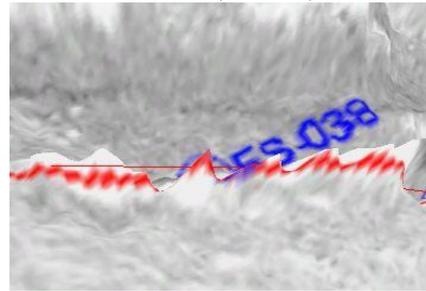


Gambar 5. Visualisasi 3D *Free Span* Tertinggi Data SSS (FS-021)

Gambar 4 menjelaskan bentuk 3D dari *free span* FS-021 pada area penelitian yang dilihat dari data *multibeam echosounder* dengan tinggi maksimum sebesar 1,6 meter dan panjang 25,8 meter. Sedangkan pada Gambar 5 menjelaskan bentuk 3D dari data SSS.



Gambar 6. Visualisasi *Free Span* Terendah Data MBES (FS-038)



Gambar 7. Visualisasi *Free Span* Terendah Data SSS (FS-038)

Gambar 6 menjelaskan bentuk 3D dari *free span* FS-038 pada area penelitian yang dilihat dari data *multibeam echosounder* dengan tinggi minimum sebesar 0,2 meter dan panjang 19,9 meter. Sedangkan pada Gambar 7 menjelaskan bentuk 3D *free span* dari data *side scan sonar*. Kondisi pipa pada area penelitian ini memiliki cukup banyak *free span* yang diidentifikasi, yakni sebanyak 60 titik. Panjang pipa pada area penelitian sebesar 5,7 km dengan total panjang *free span* 1376,7 meter dengan persentase 24,15%. Kondisi ini perlu diadakan inspeksi lebih lanjut untuk mengetahui tingkat keamanan pipa yang teridentifikasi *free span* agar tidak terjadi kebocoran pipa, *buckling*, dsb.

## V Kesimpulan dan Saran

### V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Pada lokasi penelitian, diidentifikasi *free span* yang disebabkan kondisi dasar laut memiliki topografi yang beragam, kontur kedalaman yang bervariasi, profil dasar laut yang tidak teratur, dan perubahan kondisi dasar laut. Hal ini dapat dibuktikan dengan informasi kedalaman dari hasil pengolahan data MBES dengan kedalaman tertinggi 24,395 meter dan terendah 0,922 meter.

2. Dari hasil pengolahan data SSS, dapat diidentifikasi *free span* sejumlah 60 titik dan diperoleh FS-021 sebagai *free span* yang memiliki ketinggian tertinggi pada lokasi penelitian sebesar 1,6 meter dengan panjang *free span* sebesar 25,8 meter dan FS-030 sebagai *free span* terpanjang di lokasi penelitian sebesar 59,0 meter dengan tinggi pada titik *free span* tersebut sebesar 0,5 meter.
3. Indikasi *free span* dari hasil pengolahan data MBES dan SSS dapat membantu identifikasi *hazard* yaitu berupa tinggi, panjang dan koordinat *free span* pada pipa di lokasi penelitian. Hasilnya terdapat 24,15% dari total keseluruhan panjang pipa ditemukan *free span* yakni sepanjang 1376,7 m dari total panjang pipa sebesar 5,7 km.

## V.2 Saran

Saran yang perlu diperhatikan setelah dilakukan penelitian ini sebagai berikut:

1. Perlu penelitian lebih lanjut dengan *visual inspection* dengan cara observasi secara langsung.
2. Menambahkan uji kuantitatif untuk menganalisis tingkat keamanan atau bahaya dari *free span* yang telah diidentifikasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2010. SNI 7646-2010: *Survei Hidrografi Menggunakan Single Echosounder*. Jakarta: Badan Standarisasi.
- Det Norske Veritas. 2006. DNV RP-F105: *FREE SPANNING PIPELINES*. Norway.
- Erwanti, S.R. 2015. *Analisis Free Span Pada Jalur Pipa Bawah Laut Menggunakan Multibeam Echosounder Dan Side Scan Sonar (Studi Kasus: Pipa Gas Transmisi SSWJ (South Sumatera West Java) Jalur Pipa Gas Labuhan Maringgai-Muara Bekasi PT. Perusahaan Gas Negara Persero (Tbk))*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Johari, J. 2014. *Introduction to Subsea Pipeline*. Offshore Oil and Gas Training. Jakarta.
- Lee, J. 2007. *Introduction to Pipeline and Risers*. JYL Pipeline Consultant. US.
- Lekkerkerk, H., dkk. 2012a. *Handbook of Offshore Surveying: Volume One Preparation and Positioning*. Netherlands: Fugro.

Lekkerkerk, H., dkk. 2012c. *Handbook of Offshore Surveying: Volume One Preparation and Positioning*. Netherlands: Fugro.

Zakaria, A. 2015. *Model Periodik dan Stokastik Data Pasang Surut Jam-jaman dari Pelabuhan Panjang*. Jurnal Rekayasa. Vol 19, No 1. Teknik Sipil Universitas Lampung. Bandar Lampung.