

**ANALISIS *FREE SPAN* PADA JALUR PIPA BAWAH LAUT  
MENGUNAKAN *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)**

Sindi Rahma Erwanti, Bandi Sasmito, Fauzi Janu A, Yudo Haryadi <sup>\*)</sup>

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp.(024) 76480785, 76480788  
Email : [geodesi@undip.ac.id](mailto:geodesi@undip.ac.id)

**ABSTRAK**

Indonesia merupakan salah satu negara dengan kondisi yang rawan terjadi bencana alam, kondisi tersebut dikenal sebagai *hazard*. Pemicu dari *hazard* ini berupa aktivitas manusia. Salah satu aktivitas manusia yang menjadi pemicu *hazard* yaitu pembangunan jembatan pipa bawah laut. Pada area penelitian memiliki kondisi ketidakrataan topografi dan adanya jembatan pipa bawah laut. Dampak yang ditimbulkan dari kondisi tersebut dapat menyebabkan terjadinya *free span*.

Analisis *free span* dilakukan setelah proses inspeksi pasca instalasi. Pendeteksian *free span* pada jalur pipa bawah laut tersebut menggunakan metode *multibeam echosounder* dan *side scan sonar*. Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *raw data multibeam echosounder*, data *side scan sonar* setelah *real-time processing*, data *sound velocity profile* dan data pasang surut. *Multibeam echosounder (MBES)* dimanfaatkan untuk survei batimetri, yaitu survei yang dimaksudkan untuk mendapatkan data kedalaman dan topografi dasar laut. Sedangkan, *Side Scan Sonar (SSS)* dimanfaatkan untuk interpretasi obyek secara kualitatif maupun kuantitatif.

Penelitian ini menghasilkan kondisi dasar laut yang memiliki kondisi topografi yang relatif curam. Area penelitian yang memiliki topografi yang relatif curam terdapat pada KP 111.62 – KP 111.83. Kondisi *free span* teridentifikasi pada 4 lokasi di area penelitian. Lokasi FS\_1 memiliki panjang *span* sebesar 94,4 meter dan tinggi *span* sebesar 3,31 meter. Lokasi FS\_2 memiliki panjang *span* sebesar 93,94 meter dan tinggi *span* sebesar 10,66 meter. Lokasi FS\_3 memiliki panjang *span* sebesar 58,12 meter dan tinggi *span* sebesar 1,87 meter. Lokasi FS\_4 memiliki panjang *span* sebesar 98,4 meter dan tinggi *span* sebesar 4,93 meter. Indikasi *free span* dari hasil pengolahan data *multibeam echosounder* dan *side scan sonar* tidak dapat mengidentifikasi *hazard* yang membahayakan pada lokasi penelitian.

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

**ABSTRACT**

*Indonesia is a country with the condition which is prone to trigger a natural disasters and it is called a hazard. The trigger of hazard could be a human activity. The human activity which triggers hazards is the construction of pipe bridge under the sea. This research area has an unevenness topography and pipe bridge under the sea. The impact of these conditions can lead to a free span.*

*Free span analysis carried out after post-installation inspection process. The detection of free span on the underwater pipeline uses Multibeam Echosounder and Side Scan Sonar. The data which is used for this research are raw data Multibeam Echosounder, Side Scan Sonar data after real-time processing, sound velocity profile data and tide data. Multibeam Echosounder (MBES) is used for the bathymetric survey to obtain the depth data and the seafloor topography. Meanwhile, Side Scan Sonar (SSS) is used for the interpretation of topography qualitative and quantitative objects.*

*This research resulted in the condition of the sea floor that is a relative steep. Areas of the research that has a relative steep topography contained in KP 111.62- KP 111.83. Conditions of the free span identified in four locations in the study area. Location FS\_1 has a span length of 94.4 meters and a span height of 3.31 meters. Location FS\_2 has a span length of 93.94 meters and a span height of 10.66 meters. Location FS\_3 has a span length of 58.12 meters and a span height of 1.87 meters. Location FS\_4 has a span length of 98.4 meters and a span height of 4.93 meters. The free span indication which is resulted of multibeam echosounder and side scan sonar data processing can not identify the hazard on the study area.*

**Key words** : Pipe, *Free Span*, *Multibeam echosounder*, *Side Scan Sonar*, *Hazard*

<sup>\*)</sup> Penulis, Penanggungjawab

## I. Pendahuluan

### I.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan kondisi yang rawan terjadi bencana alam. Kondisi tersebut memicu terjadinya *hazard* yang berupa aktivitas manusia. Salah satu aktivitas manusia yang menjadi pemicu *hazard* yaitu adanya jembatan pipa yang berfungsi untuk menopang pipa bawah laut yang berada di area yang memiliki topografi curam. Dampak yang ditimbulkan dari kondisi tersebut dapat menyebabkan terjadinya *free span*. *Free span* pipa bawah laut adalah suatu keadaan dimana terbentuk bentangan pipa dengan panjang tertentu memiliki jarak (*gap*) terhadap seabed (Arif, 2011). Hal tersebut apabila dibiarkan akan menyebabkan kegagalan pipa yang berakibat terhentinya proses distribusi.

Dalam penelitian ini akan melakukan analisis *free span*. Analisis *free span* dilakukan setelah proses inspeksi pasca instalasi. Pendeteksian *free span* pada jalur pipa bawah laut tersebut menggunakan metode *multibeam echosounder* dan *side scan sonar*. *Multibeam Echosounder (MBES)* dimanfaatkan untuk survei batimetri, yaitu survei yang dimaksudkan untuk mendapatkan data kedalaman dan topografi dasar laut, termasuk lokasi dan luasan obyek-obyek yang mungkin membahayakan (Subroto, 2012). Sedangkan, *Side Scan Sonar (SSS)* dimanfaatkan untuk interpretasi obyek secara kualitatif maupun kuantitatif.

### I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka permasalahan dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana gambaran kondisi dasar laut di lokasi penelitian dari hasil data *multibeam echosounder*?
2. Berapa panjang dan tinggi *free span* pipa bawah laut di lokasi penelitian yang terdeteksi dari hasil interpretasi citra *side scan sonar*?
3. Apakah indikasi *free span* dari hasil pengolahan data *multibeam echosounder* dan *side scan sonar* dapat mengidentifikasi *hazard* yang membahayakan di lokasi penelitian?

### I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah:

1. Melakukan pengolahan data *multibeam echosounder* dengan menggunakan *software Caris HIPS and SIPS 6.1*.
2. Melakukan pengolahan data *side scan sonar* dengan menggunakan *software Sonar Wiz MAP 3.9*.
3. Melakukan analisis *free span* di daerah pipa gas transmisi SSWJ (*South Sumatera West*

*Java*) jalur pipa gas Labuhan Maringgai-Muara Bekasi milik PT. PGN.

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui gambaran kondisi dasar laut (morfologi dasar laut) di lokasi penelitian.
2. Mengetahui panjang dan tinggi *free span* pipa bawah laut dari hasil interpretasi citra *side scan sonar* di lokasi penelitian.
3. Mengetahui identifikasi *hazard* yang membahayakan di lokasi penelitian dengan indikasi *free span* dari hasil pengolahan data *multibeam echosounder* dan *side scan sonar* dapat.

### I.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Analisis pada penelitian ini difokuskan pada pemicu *geohazard* dari adanya jembatan pipa yang mengakibatkan *free span*.
2. Data yang menjadi obyek penelitian berada pada daerah yang memiliki instalasi pipa.
3. Data yang digunakan ialah data *multibeam echosounder* dan data *side scan sonar* hasil *real-time processing*.
4. Data *multibeam echosounder* yang digunakan merupakan data hasil survei yang dilakukan pada area perairan dangkal.
5. Menggunakan metode pengolahan *multibeam echosounder* dan *side scan sonar*.
6. Hasil yang diperoleh berupa informasi koordinat posisi, panjang *free span*, tinggi *free span* dan penamaan lokasi di lokasi penelitian.
7. Analisis indikasi *free span* dibatasi di lokasi penelitian dan menampilkan informasi koordinat posisi, panjang *free span*, tinggi *free span* dan penamaan lokasi.
8. Proses perhitungan dimensi *free span* dilakukan menggunakan *tools* pada perangkat lunak *SonarWIZ Map 3.9* dan dilakukan dengan cara kerja manual.
9. Analisis dan identifikasi kondisi *free span* tidak dibuktikan secara penuh namun dilakukan dengan menggunakan data penelitian yang ada.

## II. Tinjauan Pustaka

### II.1. Offshore Pipeline

*Pipeline* merupakan alat untuk mengalirkan *fluida* (zat cair dan gas) dari satu tempat ke tempat lainnya. Dalam dunia industri minyak dan gas bumi, *pipeline* biasa digunakan untuk mengalirkan *fluida* produksinya, yaitu minyak dan gas bumi. Berdasarkan lokasinya, *pipeline* dibagi menjadi dua macam, yaitu *onshore pipeline* dan *offshore pipeline*.

*Offshore pipeline* merupakan *pipeline* yang berlokasi di laut sedangkan *onshore pipeline* berlokasi di darat.

**II.2. Free Span**

*Free span* pipa bawah laut adalah suatu kondisi dimana bentangan pipa dengan panjang tertentu memiliki jarak (*gap*) terhadap *seabed*. Pada pipa bawah laut (*subsea pipeline*) yang tergeletak pada *seabed*, *free span* terjadi akibat ketidak-rataan (*uneven*) permukaan dasar laut dengan kurvatur yang tidak memenuhi kurvatur natural dari pipa tersebut, sehingga bentang pipa akan menggantung. Selain itu, *free span* juga dapat terjadi jika pada rute pipa tersebut memiliki persimpangan (*crossing*) dengan pipa atau kabel lain di bawah laut. Berdasarkan standar internasional *Det Norske Veritas Recommended Practice F105-2006 (DNV RP F105-2006)*, faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *free span*, antara lain:

1. Ketidakrataan dasar laut.
2. Perubahan kondisi dasar laut, akibat *sand scouring*.
3. *Strudel Scours*.

**II.3. Survei Hidrografi**

Alat perum gema memiliki bagian terpenting yaitu transduser. Transduser berfungsi mengubah energi listrik menjadi mekanik (untuk membangkitkan gelombang suara) dan sebaliknya. Gelombang akustik tersebut merambat pada medium air dengan cepat rambat yang relatif diketahui atau dapat diprediksi hingga menyentuh dasar perairan dan dipantulkan kembali ke transduser. Umumnya, semakin rendah frekuensinya, kedalaman perairan yang dicapai juga semakin tinggi. *Echosounder* menggunakan prinsip pengukuran jarak dengan memanfaatkan gelombang akustik yang dipancarkan dari transduser. Perum gema menghitung selang waktu sejak gelombang dipancarkan dan diterima kembali ( $\Delta t$ ), sehingga dasar hitungan yang digunakan untuk menentukan kedalaman laut sebagaimana yang diuraikan pada rumus (II.1) ialah sebagai berikut (Poerbandono, dkk., 2005) :

$$d_u = \frac{1}{2} v \cdot \Delta t \dots\dots\dots (II.1)$$

Keterangan,  $d_u$  : Kedalaman laut hasil ukuran  
 $v$  : Kecepatan gelombang akustik pada medium air  
 $\Delta t$  : Waktu tempuh signal

Dalam survei dan pemetaan serta penentuan posisi di laut, GPS telah digunakan untuk keperluan survei *hidro-oceanografi*, survei seismik, penentuan posisi bui-bui dan peralatan bantu navigasi serta titik-titik pengeboran minyak lepas pantai, ataupun untuk mempelajari karakteristik arus, gelombang, ataupun pasang surut (*tides*) di lepas pantai (Purcell, 1990, dalam Abidin, 2000). Selain itu, GPS juga dikombinasikan dengan sistem penentuan akustik,

untuk menentukan posisi titik-titik dasar laut secara teliti, dalam rangka mempelajari dinamika lempeng-lempeng benua di bawah lautan.

Permukaan air laut dipakai sebagai tinggi nol. Kedalaman suatu titik di dasar perairan atau ketinggian titik di pantai mengacu pada datum vertikal. Hal tersebut dikarenakan posisi muka laut yang dinamis. Untuk keperluan navigasi digunakan muka air terendah sebagai datum vertikal. Datum vertikal ini disebut sebagai *chart datum* atau muka surutan. Penentuan muka surutan ditujukan untuk menjamin keselamatan pelayaran. Muka surutan yang ditetapkan dari pengamatan pasut umumnya lebih rendah dari tinggi rata-rata permukaan air laut terendah saat bulan perbani.

Ketentuan teknik survei hidrografi yang terkait dengan survei batimetri diatur dalam *IHO Standards for Hydrographic Surveys* yang dipublikasikan dalam bentuk *Special Publication Number 44 (S.44 IHO)*. Standar survei hidrografi tersebut dimaksudkan untuk keperluan pembuatan peta navigasi laut yang digunakan sebagai pedoman bagi pelayaran. *Special Publication Number 44 (S.44 IHO)* mempunyai klasifikasi yaitu standar ketelitian penentuan posisi (berbasis satelit), cakupan area survei dasar laut 100% (dengan *multibeam echosounder*), serta pemahaman tentang teori kesalahan, terutama pengertian tentang tingkat kepercayaan 95% yang berkaitan dengan ketelitian posisi dan kedalaman.

**II.4. Multibeam Echosounder**

*Multibeam Echosounder* (MBES) merupakan suatu instrumen hidro-akustik yang memiliki jumlah *beam* lebih dari satu dalam satu kali pancar. Hal tersebut ditandai dengan transduser yang ada pada *multibeam* terdiri dari satu unit yang terpasang secara *array*, oleh karena itu data yang dihasilkan pun lebih banyak. Prinsip kerja *multibeam* didasarkan pada teknik pendeteksian sistem akustik interferometri dari pengukuran fase pada transduser *array*, sehingga dapat menghasilkan data kedalaman secara melintang dalam satu waktu pancaran. Dengan beberapa kali sapuan dalam satu detik, *multibeam* dapat memetakan seluruh permukaan dasar laut dengan cakupan area sampai 100 %. Pengaruh dari bentuk geometrik pancaran sinyal yang menyebar secara melintang akan mengakibatkan daya jangkauan sapuan *multibeam* pada saat survei berlangsung meningkat dibandingkan dengan *single-beam*.

Kalibrasi *Multibeam Echosounder* (MBES) sangat diperlukan agar memperoleh data yang baik dan memiliki ketelitian tinggi. Kalibrasi ini merupakan tahapan yang dilakukan untuk memeriksa dan menentukan besarnya kesalahan yang ada dalam instrumen yang bersangkutan. Sistem harus dikalibrasi sebelum survei dilakukan. Proses kalibrasi yang dilakukan pada MBES ini antara lain kalibrasi

karena pengaruh *offset* statik, pengaruh gerakan kapal berdasarkan pergerakan *pitch*, *roll*, dan *yaw*, dan kalibrasi karena pengaruh cepat rambat gelombang suara. Alat yang digunakan untuk kalibrasi karena pengaruh gerakan kapal dinamakan *Motion Reference Unit* (MRU).

**II.5. Side Scan Sonar**

*Side scan sonar* bekerja menggunakan gelombang akustik, sebagaimana dengan *echosounder*. Namun pada peralatan ini ditekankan pada penyapuan obyek di permukaan dasar laut pada kedua sisi jalur lintasan kapal, sehingga peralatan *side scan sonar* mempunyai kemampuan untuk mendeteksi obyek yang berada dipermukaan dasar laut baik yang terletak di kiri maupun disebelah kanan kapal survei. Peralatan ini biasanya menggunakan frekuensi 100KHz (*low*) dan 500 KHz (*high*).

Rangkaian peralatan *side scan sonar* terdiri dari; transduser, *trans-receiver* dan kontrol serta *system recorder*. Transduser berfungsi dalam memantulkan gelombang akustik ke permukaan dasar laut dan kemudian dipantulkan kembali saat mengenai obyek atau dasar laut yang selanjutnya diterima oleh sistem penerima (*receiver system*) yang kemudian akan ditampilkan oleh *recorder* dalam bentuk citra gambaran dan kondisi permukaan dasar laut termasuk obyek-obyek yang tersebar pada permukaannya. Ketika transduser mulai memancarkan gelombang akustik, akan ada jeda waktu selama gelombang akustik merambat melalui kolom air dan tidak memantulkan gelombang akustik, jeda waktu ini akan muncul pada rekaman *side scan sonar* (SSS) sebagai *blank area*. Tergantung pada posisi *towfish* di dalam kolom air, pantulan pertama yang akan direkam bisa berasal dari permukaan air atau dari permukaan dasar laut.

Lebar *beam side scan sonar* pada bidang horisontal cukup sempit dibandingkan dengan bidang vertikalnya. Lebar *beam side scan sonar* pada bidang vertikal mempunyai *beam* yang cukup lebar yang dapat menjangkau kedua permukaan, baik itu permukaan air laut maupun permukaan dasar laut. Pantulan-pantulan yang berasal dari permukaan dasar laut yang direkam dari *side scan sonar* mempunyai jarak. Jarak yang terekam pada citra SSS merupakan jarak miring (*slant range*) dan tidak merepresentasikan jarak horisontal yang sesungguhnya.

Pengolahan data *side scan sonar* terdiri dari dua tahap, yaitu tahap *real-time processing* dan kemudian dilanjutkan dengan tahap *post-processing*. Kedua tahap tersebut memiliki tujuan pengolahan data yang berbeda-beda. *Real-time processing* bertujuan untuk memberikan koreksi selama pencitraan berlangsung. Sedangkan *post-processing*

bertujuan untuk meningkatkan pemahaman akan suatu obyek melalui tahapan interpretasi citra (Mahyuddin, 2008, dalam Azis, 2011).

Pada tahapan *post-processing* dilakukan interpretasi pada data citra *side scan sonar* yang telah mengalami *real-time processing*. Hasil interpretasi citra *side scan sonar* diharapkan dapat menghasilkan informasi yang lebih banyak dan mendalam mengenai hasil citra *side scan sonar*. Oleh karena itu, interpretasi citra sangat dibutuhkan pada citra *side scan sonar*. Terdapat dua interpretasi yang digunakan yaitu interpretasi kualitatif dan kuantitatif.

Interpretasi kualitatif dapat dilakukan melalui suatu interpretasi yang berdasarkan pada derajat kehitaman (intensitas gema) citra sonograf. Berdasarkan perbedaan derajat kehitaman citra tersebut, obyek-obyek yang terekam pada citra dapat dikenali bentuk, ukuran relatif, maupun penyebarannya. Interpretasi kualitatif ini dapat dilakukan berdasarkan intensitas bentuk serta pola penyebaran bayangan pada citra yang diperoleh.

Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk menentukan ukuran suatu obyek, jarak datar antara obyek satu dengan lainnya yang dapat dihitung dengan hasil yang kasar. Interpretasi kuantitatif di sini meliputi tinggi, ukuran, dan jarak obyek-obyek dasar laut antara satu lainnya. Informasi ini diperoleh secara grafis dan numeris. Persamaan II.2 menyajikan persamaan untuk menghitung tinggi target (Djunarsjah, 2000 dalam Dwiputra, 2011).

$$HT = HF \left[ \frac{RS}{RT+RS} \right] \dots\dots\dots (II.2)$$

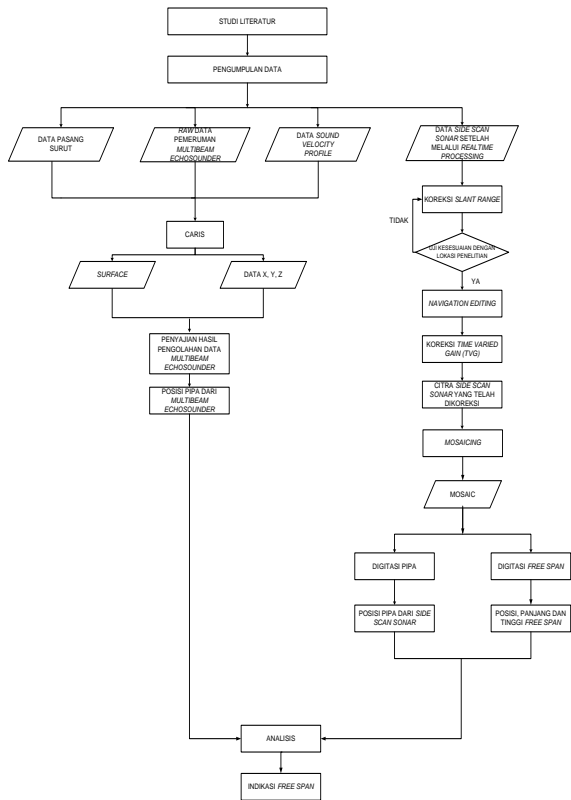
- Keterangan, HT : Tinggi target
- HF : Tinggi *towfish* dari dasar laut
- RT : Jarak miring dari *towfish* ke target
- RS : Jarak miring antara target-dasar laut, yang merupakan perpanjangan RT.

**III. Metodologi Penelitian**

Dalam tugas akhir ini, pengolahan data survei *side scan sonar* dan *multibeam echosounder* dijadikan acuan untuk mengetahui kondisi kehandalan jaringan pipa. Kehandalan jaringan pipa dideteksi dari adanya potensi dan atau *risk* yang terjadi. Salah satu dari potensi dan atau *risk* yang menjadi detail dalam penelitian ini adalah pendeteksian *free span* di area jaringan pipa. Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *raw data multibeam echosounder*, *raw data side scan sonar*, data *sound velocity profile* dan data pasang surut. *Software* pengolahan data yang digunakan adalah *SonarWIZ Map 3.9*. untuk pengolahan data survei *side scan sonar* dan *Caris HIPS&SIPS 6.1*. untuk pengolahan data survei *multibeam echosounder*. Pengolahan data tersebut menghasilkan bentukan topografi dasar laut serta detail obyek dasar



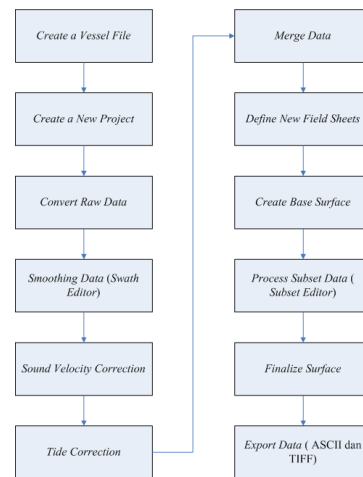
laut yang selanjutnya digunakan untuk mendeteksi *free span* di area jaringan pipa. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar III.1.



Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian

### III.1. Pengolahan Hasil Survei *Multibeam Echosounder*

Data hasil survei *multibeam echosounder* (MBES) diolah menggunakan *software Caris HIPS&SIPS 6.1*. Dalam penelitian ini, data survei *multibeam echosounder* yang akan di olah terdapat pada KP 109,5 hingga KP 116,35. Diagram alir pengolahan data *multibeam echosounder* menggunakan *software Caris HIPS&SIPS 6.1*. dapat dilihat pada Gambar III.2.



Gambar III. 2 Diagram Alir Pengolahan data MBES pada Caris HIPS&SIPS 6.1.

#### III.1.1 Proses Penyajian Hasil Pengolahan Data *Multibeam Echosounder*

Proses penyajian hasil pengolahan data *multibeam echosounder* pada area penelitian ini menggunakan *software Surfer 11*. Proses pengolahan hasil data kedalaman *multibeam echosounder* pada perangkat lunak ini bertujuan untuk menyajikan hasil data *multibeam echosounder* dalam bentuk 3 dimensi.

#### III.1.2 Proses *Overlay Surface Multibeam Echosounder dan Citra Side Scan Sonar*

Proses *overlay surface multibeam echosounder* dan citra *side scan sonar* pada area penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Global Mapper 15*. Proses *overlay* ini bertujuan untuk mencocokkan apakah posisi antara *surface multibeam echosounder* dan data citra *side scan sonar* sudah berada dalam satu posisi yang sama. Hal itu berkaitan dengan digunakannya citra *side scan sonar* untuk membantu memberikan gambaran obyek yang jelas untuk mendeteksi pipa yang ada pada *surface multibeam echosounder*.

#### III.1.3 Proses Deteksi Pipa dari *Multibeam Echosounder*

Proses deteksi pipa *multibeam echosounder* pada area penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Global Mapper 15*. Proses deteksi pipa dari *multibeam echosounder* pada perangkat lunak ini bertujuan untuk mengetahui posisi dan kedalaman pipa yang terdeteksi dari data *multibeam echosounder*.

### III.2. Pengolahan Hasil Survei *Side Scan Sonar*

Pengolahan data hasil survei *side scan sonar* untuk mendeteksi *free span* pada penelitian ini menggunakan *software SonarWIZ Map 3.9*. Data hasil survei *side scan sonar* yang dijadikan sample penelitian terdapat pada KP 109,15 hingga KP 116,35.

*Software SonarWIZ Map 3.9*. dapat mengolah data survei *side scan sonar* secara *real-time processing* dan *post-processing*. Biasanya pengolahan data secara *real time processing* dilakukan pada saat akuisisi data *side scan sonar*. Pengolahan data secara *real time processing* membantu untuk memberikan koreksi akibat adanya distorsi geometri citra *side scan sonar*. Dalam penelitian ini dilakukan proses pengolahan data secara *post-processing*. Pengolahan data secara *post-processing* adalah pengolahan data *side scan sonar* dalam bentuk interpretasi data. Hasil dari proses interpretasi citra ini akan baik, jika sebelumnya dilakukan koreksi-koreksi pada data hasil survei.

#### III.2.1. Koreksi Data Citra *Side Scan Sonar*

Pada proses ini, perangkat lunak *SonarWIZ Map 3.9* memiliki beberapa tahapan untuk melakukan koreksi data citra *side scan sonar*. Berikut dapat dijelaskan tiga proses koreksi data dalam penelitian ini. Tiga proses koreksi data tersebut adalah koreksi *Slant Range*, *Navigation Editing*, dan *Gain Control*.

##### a. Koreksi *Slant Range*

Koreksi *Slant Range* adalah salah satu bentuk koreksi data, untuk menginterpolasi data pada bagian *water coloumn* (bagian yang tidak memiliki data). *Gambar III.3* menampilkan citra *side scan sonar* sebelum dan sesudah dilakukan koreksi *slant range*.



*Gambar III.3* Citra *Side Scan Sonar* Sebelum (a) dan Sesudah (b) Dilakukan Koreksi *Slant Range*

##### b. *Navigation Editing*

*Navigation editing* dalam *SonarWIZ Map 3.9*. menggunakan perintah *navigation editor*. Perintah ini berfungsi untuk meluruskan apabila ada data *side scan sonar* yang melenceng dari arah yang seharusnya.

##### c. *Gain Control*

*Gain Control* berfungsi untuk menguatkan sinyal pada citra *side scan sonar*, hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil citra

yang lebih baik agar dapat diinterpretasi dengan lebih mudah. Dalam hal ini tidak semua data citra *side scan sonar* memerlukan koreksi *gain*, hal tersebut bergantung pada interpretasi obyek. Apabila interpretasi obyek dianggap sudah baik, maka koreksi *gain* tidak diperlukan lagi. Salah satu *gain control* yang dijadikan koreksi dalam penelitian ini adalah koreksi TVG (*Time Varied Gain*). *Time Varied Gain* digunakan untuk meningkatkan nilai *gain* dengan *elapsed time* dari gelombang yang dipancarkan.

#### III.2.2. Mosaik Citra *Side Scan Sonar* dari Area Sampel Penelitian

Suatu proses penggabungan data citra *side scan sonar* yang telah dipilih sesuai dengan area sampel penelitian merupakan proses dari pembuatan mosaik. Pembuatan mosaik atau *mosaicing* bertujuan untuk menyatukan hasil survei menjadi suatu citra yang utuh, sehingga mudah untuk menginterpretasikannya. Proses penyatuan citra *side scan sonar* sangat diperlukan karena peralatan survei *side scan sonar* memiliki keterbatasan dalam hal lebar sapuan area survei, sehingga diperlukan *mosaicing* seluruh hasil survei pada area penelitian menjadi satu kesatuan.

Pada proses pembuatan mosaik yang baru, diperlukan koordinat pendekatan posisi mosaik yang akan kita buat. Koordinat tersebut terdapat pada citra *side scan sonar* yang kita proses dan diambil berdasarkan posisi *towfish* yang sebenarnya. Posisi *towfish* yang sebenarnya merupakan posisi setelah melalui koreksi *layback* dan koreksi lainnya.

#### III.2.3. Digitasi Obyek-obyek yang Terdapat Pada Citra *Side Scan Sonar*

Digitasi obyek diperlukan untuk mengetahui posisi dan karakteristik obyek yang berada di dasar laut hasil dari pencitraan survei *side scan sonar*. Proses digitasi ini digunakan untuk mendigit suatu obyek yang berbentuk *line*, *polygon* maupun mendigit obyek yang dijadikan target sehingga dapat menampilkan informasi pengukuran seperti *length*, *width* dan *shadow*.

#### III.2.4. Proses Identifikasi *Free Span* Secara Interpretasi Kualitatif

Proses identifikasi *free span* secara interpretasi kualitatif dari citra *side scan sonar* yang dihasilkan dikenali secara subjektif. Interpretasi data secara kualitatif dilakukan untuk mendapatkan sifat fisik material dan bentuk objek, baik dengan mengetahui derajat kehitaman, bentuk maupun ukuran dari objek atau target. Kondisi *free span* dikenali dari adanya bayangan yang lebih jauh dari

obyek dibandingkan dengan bayangan obyek pipa yang tidak mengalami kondisi *free span*.

**III.2.5. Proses Identifikasi Dimensi *Free Span* Secara Interpretasi Kuantitatif**

Proses identifikasi dimensi *free span* secara interpretasi kuantitatif dilakukan melalui proses digitasi target pipa yang mengalami *free span* melalui *software SonarWIZ Map 9.3*. Dalam proses digitasi tersebut dilakukan perhitungan dimensi target pipa yang mengalami *free span* dengan mengklik *Length, Width and Shadow* pada tab “*Mensuration*” pada jendela target. Hal itu bertujuan untuk mengukur panjang, lebar dan bayangan target pipa yang mengalami *free span* sehingga dari ketiga ukuran tersebut dapat menghasilkan tinggi target pipa yang mengalami *free span* secara kalkulasi.

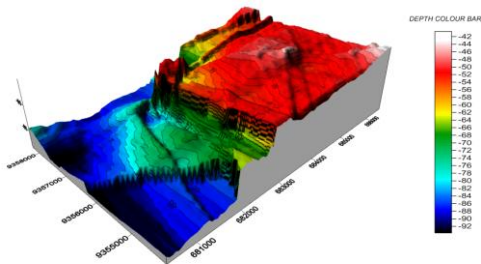
**IV. Hasil dan Analisis**

**IV.1. Hasil dan Analisis Pengolahan Data *Multibeam Echosounder* (MBES)**

Pengolahan data MBES menggunakan *software Caris HIPS&SIPS* dalam penelitian ini menghasilkan beberapa *output*, antara lain:

**1. Topografi dasar laut.**

*Gambar IV.1* menampilkan bentuk 3 dimensi (3D) dari hasil pengolahan data MBES. Pada gambar tersebut memberikan informasi kedalaman area penelitian secara umum. Area penelitian memiliki kedalaman tertinggi sekitar 93 meter dan kedalaman terendah sekitar 40 meter.



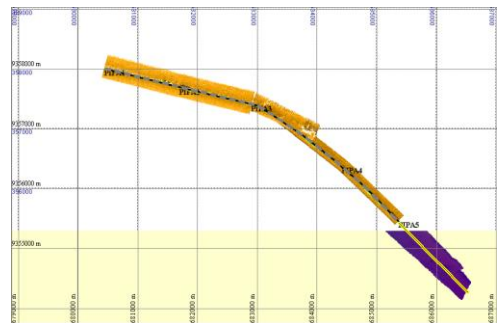
*Gambar IV.1* Gambaran 3 Dimensi Dasar Laut Pada Area Penelitian

Hasil dari pengolahan data MBES ini dapat membantu memberikan informasi kedalaman serta bentuk topografi dasar laut untuk keperluan analisis *free span* pipa gas bawah laut. Selain itu, posisi yang diberikan dari data MBES ini memiliki ketelitian yang lebih baik dibandingkan data posisi yang didapat dari hasil citra *side scan sonar*. Hal ini terlihat jelas pada citra *side scan sonar*, dimana ketika dilakukan digitasi citra terdapat kejanggalan pola pipa yang tampak melekok tidak lazim bila

dibandingkan dengan digitasi pipa dari data MBES.

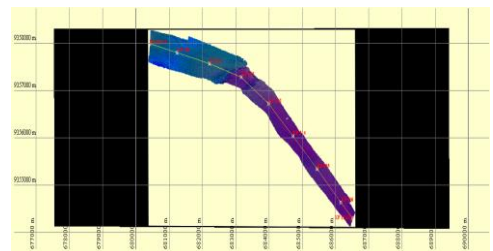
**2. Identifikasi pipa gas bawah laut dari data MBES.**

Identifikasi pipa gas bawah laut dari data MBES ini bertujuan untuk mengetahui posisi pipa dari data MBES. Hal ini bertujuan untuk membandingkan posisi pipa mana yang lebih baik. *Gambar IV.2* menampilkan *overlay* citra *side scan sonar* dengan *surface* hasil pengolahan data MBES.



*Gambar IV. 2* Overlay Citra *Side Scan Sonar* dan *Surface* MBES

Overlay citra *side scan sonar* bertujuan untuk memastikan bahwa kenampakan yang terlihat pada *surface* MBES tersebut merupakan kenampakan dari pipa gas. Oleh sebab itu, gambar diatas dapat dijelaskan bahwa kenampakan yang diidentifikasi sebagai pipa gas pada hasil *surface* MBES adalah benar. *Gambar IV.3* menampilkan hasil digitasi pipa gas serta *Kilometer Point* (KP) pipa gas pada *surface* MBES.



*Gambar IV. 3* Hasil Digitasi Pipa Gas Serta *Kilometer Point* (KP) Pipa Gas Pada *Surface* MBES

Dari hasil digitasi tersebut ditampilkan pada *Tabel IV.1* beberapa informasi posisi dan kedalaman pipa gas pada area penelitian.

Tabel IV. 1 Beberapa informasi Posisi dan Kedalaman Pipa Gas Pada Area Penelitian

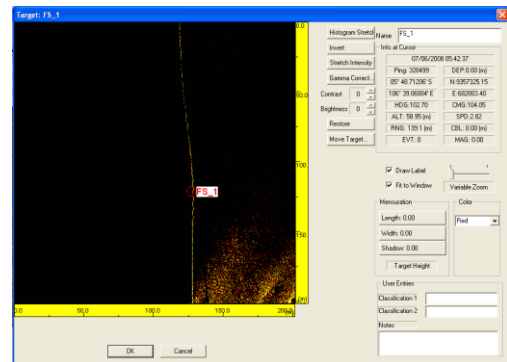
No.	KP	Latitude			Longitude			Easting (m)	Northing (m)	Depth (m)
		Deg (°)	Min (')	Sec (")	Deg (°)	Min (')	Sec (")			
1	109,15	5	48	21,338	106	37	46,084	680419,499	9357989,808	80,591
2	109,25	5	48	22,077	106	37	49,271	680517,299	9357966,779	81,303
3	109,35	5	48	22,817	106	37	52,459	680615,099	9357943,750	81,847
4	109,45	5	48	23,588	106	37	55,842	680719,885	9357919,075	82,716
5	109,55	5	48	24,328	106	37	59,029	680817,684	9357896,046	84,074
6	109,65	5	48	25,067	106	38	2,2169	680915,484	9357873,017	83,641
7	109,75	5	48	25,839	106	38	5,4046	681013,284	9357849,987	83,936
8	109,85	5	48	26,611	106	38	8,8199	681118,070	9357825,313	84,255
9	109,95	5	48	27,350	106	38	11,975	681215,870	9357802,284	84,825
10	110,05	5	48	28,090	106	38	15,163	681313,670	9357779,254	84,892

3. Klasifikasi survei MBES.

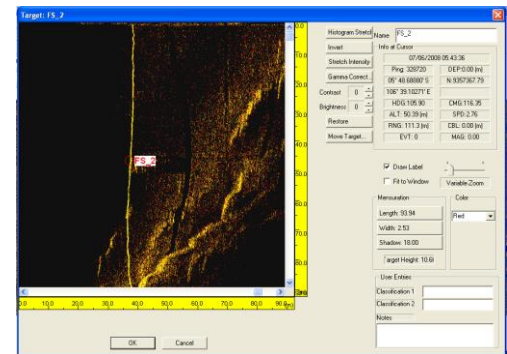
Perhitungan ketelitian pengukuran kedalaman pada penelitian ini menggunakan persebaran sampel data kedalaman MBES yang berdekatan. Sampel data kedalaman yang berdekatan diambil 1 % dari keseluruhan jumlah data kedalaman yang dihasilkan melalui pengolahan data MBES. Ketelitian pengukuran kedalaman pada sampel data perhitungan kedalaman memiliki nilai *mean* sebesar 50,280 m dan nilai varian sebesar 1,751. Hasil batas-batas kesalahan ( $\sigma$ ) untuk ketelitian kedalaman pada area penelitian sebesar 1,323. Ketelitian tersebut masuk kedalam orde 1b dengan nilai variabel  $a = 0,5$ ,  $b = 0,013$  dan  $\sigma = 0,823$ .

IV.2. Hasil dan Analisis Pengolahan Data Side Scan Sonar

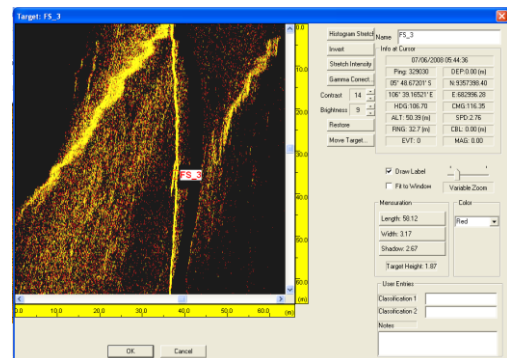
Pada pengolahan data *side scan sonar* menghasilkan sebuah citra *side scan sonar* yang dikhususkan untuk mengetahui *free span* pada area penelitian. *Free span* dapat diidentifikasi melalui pengolahan data *side scan sonar* secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil pengolahan data secara kualitatif mengidentifikasi adanya *free span* di 4 lokasi pada area penelitian. Pada Gambar IV.3 di bawah ini menampilkan target lokasi *free span* di setiap lokasi.



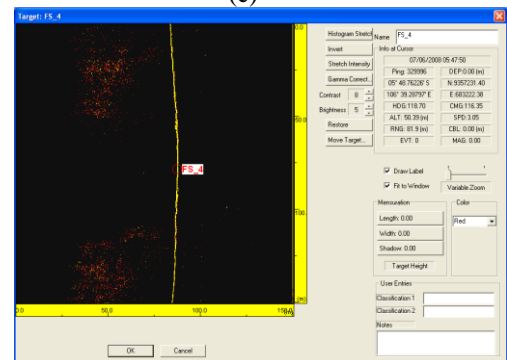
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar IV. 3 Target *Free Span* di lokasi FS\_1 (a), FS\_2 (b), FS\_3 (c), dan FS\_4 (d)



Dari Gambar IV.3 menunjukkan bahwa dimensi target yang dapat dilakukan perhitungan hanya pada lokasi target FS\_2 dan FS\_3. Hal itu disebabkan oleh citra *side scan sonar* yang tidak jelas. Gambar citra *side scan sonar* yang tidak jelas dikarenakan pada saat survei tinggi *towfish* dari dasar laut terlalu tinggi. Pada dasarnya, hasil panjang suatu ukuran citra akan selalu lebih pendek dari ukuran yang sebenarnya di lapangan. Semakin rendah tinggi *towfish* dari dasar laut, maka semakin kecil pula derajat penekanan yang dihasilkan. Hasil pencitraan yang baik dapat diperoleh dengan meletakkan *towfish* pada kisaran 10 % dari total besarnya jangkauan pencitraan di lapangan.

Perhitungan dimensi target ini bertujuan untuk mendapatkan besaran dari *span length* (panjang *span*) dan *span height* (tinggi *span*) dari kondisi *free span* pipa dengan penyangga. Besaran yang dihasilkan dari perhitungan dimensi target tersebut merupakan bagian dari interpretasi kuantitatif.

Pada lokasi FS\_2 dan FS\_3 perhitungan dimensi target dapat dilakukan dengan *tools* yang ada di dalam perangkat lunak *SonarWIZ Map 3.9*. Namun, untuk lokasi FS\_1 dan FS\_4 perhitungan dimensi target dilakukan dengan cara kerja manual, dikarenakan citra *side scan sonar* yang tidak jelas.

Hasil interpretasi kuantitatif citra *side scan sonar* untuk identifikasi *free span* pada setiap lokasi akan disajikan pada Tabel IV.2 sebagai berikut.

Tabel IV. 2 Daftar *Free Span* Dengan Penyangga

Span ID	Start		End		Span Length (m)	Max Span Height (m)	Depth (m)	KP start	KP end
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)					
FS_1	682796,69	9357399,74	682891,52	9357377,26	94,4	3,31	77	111,61	111,70
FS_2	682894,48	9357409,74	682978,59	9357368,56	93,94	10,66	67	111,70	111,79
FS_3	682982,54	9357365,45	683034,55	9357340,17	58,12	1,87	65	111,79	111,85
FS_4	683212,85	9357247,13	683301,67	9357200,85	98,4	4,93	49	112,05	112,15

### IV.3. Analisis *Free Span*

Menurut standar internasional *Det Norske Veritas Recommended Practice E305-1988 (DNV RP E305-1988)*, dalam penelitian ini terdapat 2 parameter yang digunakan untuk menentukan kestabilan pipa bawah laut yaitu kondisi topografi dasar laut dan batimetri. Hasil dalam pengolahan data pada MBES menunjukkan bahwa area penelitian memiliki kondisi topografi yang cukup curam (profil dasar laut tidak teratur) dan kontur kedalaman yang sangat bervariasi. Ketidakteraturan profil dasar laut dapat menimbulkan ketidakrataan dasar laut yang menyebabkan *free span*. Selain itu, indikasi *free span* dapat di deteksi akibat penyangga buatan. *Free span* yang disebabkan oleh penyangga buatan biasanya

dikarenakan ada kebutuhan untuk menaikan pipa di atas permukaan dasar laut, sehingga pipa tersebut harus disokong ke atas. Hal itu biasa dilakukan jika suatu jalur pipa melintasi jalur pipa atau kabel lain.

Indikasi *free span* dari hasil pengolahan data *multibeam echosounder* dan *side scan sonar* tidak dapat mengidentifikasi *hazard* yang membahayakan pada lokasi penelitian. Menurut standar internasional *Det Norske Veritas Recommended Practice F105-2006 (DNVRP F105-2006)*, terdapat analisis untuk mengidentifikasi *free span* yaitu analisis dinamik dan analisis statik. Dari hasil analisis tersebut dapat mengidentifikasi *hazard* dari indikasi *free span*. Namun, untuk mengidentifikasi *hazard* dari indikasi *free span* melalui analisis tersebut dibutuhkan informasi data lainnya seperti data propertis pipa, data geoteknik dasar laut, data lingkungan, maupun *restrain pipa*.

## V. Kesimpulan dan Saran

### V. 1 Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan pada bab sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- Gambaran kondisi dasar laut pada area penelitian memiliki topografi yang relatif curam. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan informasi kedalaman tertinggi sekitar 93 meter dan kedalaman terendah sekitar 40 meter. Area penelitian yang memiliki topografi yang relatif curam terdapat pada KP 111,62 – KP 111,83.
- Dari hasil interpretasi citra *side scan sonar* menghasilkan panjang dan tinggi *span* yang teridentifikasi pada 4 lokasi di area penelitian. Hasil panjang dan tinggi *span* pada 4 lokasi, antara lain:
  - Lokasi FS\_1 memiliki panjang *span* sebesar 94,4 meter dan tinggi *span* sebesar 3,31 meter.
  - Lokasi FS\_2 memiliki panjang *span* sebesar 93,94 meter dan tinggi *span* sebesar 10,66 meter.
  - Lokasi FS\_3 memiliki panjang *span* sebesar 58,12 meter dan tinggi *span* sebesar 1,87 meter.
  - Lokasi FS\_4 memiliki panjang *span* sebesar 98,4 meter dan tinggi *span* sebesar 4,93 meter.
- Indikasi *free span* dari hasil pengolahan data *multibeam echosounder* dan *side scan sonar* tidak dapat mengidentifikasi *hazard* secara langsung, melainkan hanya digunakan sebagai parameter geometri jaringan pipa yang terindikasi adanya *hazard*.

## V. 2 Saran

Dari beberapa kendala yang dihadapi pada tugas akhir ini, dan agar pelaksanaan analisis *free span* dapat berjalan dengan lebih baik kedepannya, maka ada beberapa hal yang dapat penulis sarankan, yaitu:

1. Validasi yang dilakukan pada saat pengolahan data *multibeam echosounder*, sebaiknya menggunakan data lajur silang dari hasil survei *singlebeam echosounder*. Hal tersebut bertujuan agar data *multibeam echosounder* lebih akurat.
2. Data *tide* yang digunakan sebaiknya adalah data hasil observasi lapangan. Karena data *tide* tersebut didapat dari hasil yang sesungguhnya dibandingkan dengan menggunakan *global tide* yang diperoleh dari hasil pendekatan.
3. Dibutuhkan informasi-informasi lain untuk menguatkan hasil analisis *free span*, seperti kondisi lingkungan, kondisi geoteknik dasar laut, data propertis pipa, dan lokasi *pipeline restraint*.
4. Kondisi *free span* pada pipa bawah laut dapat ditangani dengan menggunakan *grouting bag* yaitu metode pengisian *free span* dengan menggunakan semen yang disuntikan dalam karung hingga mengisi *free span*. Selain itu, metode lain yang memungkinkan yaitu dengan pengisian dengan batu kerikil berukuran kecil atau *rock dumping*. Namun, metode *rock dumping* ini cukup memakan biaya yang besar, sehingga biasanya hanya dilakukan pada daerah yang tidak terlalu dalam. Apabila batuan dasarnya cukup kuat dapat dibuat penanganan menggunakan tiang pancang, metode tersebut biasanya digunakan untuk kondisi *free span* yang cukup tinggi.

Poerbandono, dan Djunarsjah E. 2005. *Survei Hidrografi*. Penerbit Refika Aditama, Bandung.

Subroto, R.Y. 2012. *Pengolahan Data Multibeam Echosounder Pada Survei Pra-Pemasangan Pipa Bawah Laut*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung. Tidak diterbitkan.

Veritas Offshore Technology and Services A/S. Oktober 1988. *DNV RP E305 On Bottom Stability Design of Submarine Pipelines*. Norway; DNV Publisher

Veritas Offshore Technology and Services A/S. Februari 2006. *DNV RP F105 Free Spanning Pipelines*. Norway; DNV Publisher.

## DAFTAR PUSTAKA

Abidin, H.Z. 2000. *Penentuan Posisi Dengan GPS Dan Aplikasinya*. Penerbit P.T. Pradnya Paramita. Jakarta.

Arif, Umar. 2011. *Analisa Freespans Akibat Scouring Pipa Bawah Laut*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Kelautan ITS. tidak diterbitkan.

Azis, Lukman. 2011. *Analisis Hasil Survei Side Scan Sonar Untuk Peletakan Pipa Gas Bawah Laut (Studi Kasus : Survei Re-Route Pipa Pgn Di Perairan Tanjung Priok)*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB. tidak diterbitkan.