

## **Studi Batimetri dan Berkurangnya Daratan Di Wilayah Pesisir Tugu Semarang**

**Wahyu Aditya Nugraha, Baskoro Rochaddi, Azis Rifai\*)**

\*)Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro Jl. Prof . H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698, Email : [wahyu.oceano@gmail.com](mailto:wahyu.oceano@gmail.com)

### *Abstrak*

Pesisir Kecamatan Tugu Semarang merupakan daerah dengan topografi yang landai sehingga memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap dampak kenaikan air laut serta penurunan tanah. Hal tersebut dapat mengakibatkan berkurangnya daratan pesisir Kecamatan Tugu dan menyebabkan kerugian dengan berkurangnya lahan produktif. Dengan demikian daerah pesisir Tugu perlu dilakukan pengkajian berkurangnya wilayah daratan berdasarkan kondisi batimetri terkini perairan. Kajian tersebut memerlukan suatu studi batimetri, sebagai data pendukung dalam kajian berkurangnya daratan di wilayah pesisir Tugu.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kondisi terkini batimetri serta mengetahui perubahan wilayah daratan di pesisir Kecamatan Tugu dari tahun 1995 sampai tahun 2014

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif berdasarkan data penelitian berupa angka – angka yang dianalisis secara statistik atau model. Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 16-21 Juni 2014. Data utama dalam penelitian ini ialah data kedalaman, pasang surut, serta perubahan garis pantai. Data-data tersebut kemudian dianalisa secara kuantitatif disajikan dalam bentuk tabel, gambar dan peta.

Hasil menunjukkan wilayah perairan kecamatan pesisir Tugu-Semarang memiliki kedalaman hingga 5,5m pada jarak 2,6 km dari garis pantai. Daerah tambak memiliki morfologi yang beragam, berupa morfologi dasar yang tidak rata, menunjukkan lokasi tambak yang tergenang dibawah permukaan air. Dari hasil overlay citra Landsat tahun 1995 dan 1999 serta citra Quickbird tahun 2006-2014 menunjukkan terjadinya berkurangnya daratan di pesisir Tugu. Tahun 1995-2006 menunjukkan mundurnya garis pantai hingga 293 meter kearah darat. Dalam kurun waktu tahun 2006-2014 luas area yang berkurang mencapai 384 Ha.

**Kata kunci:** *batimetri, pesisir Tugu, morfologi dasar, perubahan garis pantai.*

### *Abstract*

Coastal district of Tugu Semarang is an area with less slope topography that has a high level of vulnerability to the impacts of sea level rise and land subsidence. It can reduces the coastal areas that lead to the lossing of productive land. Due to this condition, the study was needed to assessed the land decreased based on the recent bathymetric condition. That bathymetric survey study will support the data in the assessment of recent the reduction coastal land areas of Tugu Semarang.

The purpose of this study was to determine the condition of the recent bathymetry and find out how much the reduced land area in 1995-2014 in coastal District Tugu.

This study used quantitative methods based on research data numbers that were statistically analyzed or model. Collection data held on 16 to 21 June 2014. The main data collected in this study was the data depth, tide, and the changes of coastline. Data was analyzed with quantitative method and described in the from of tabels, figure and maps.

The result showed in the coastal of Tugu Semarang has a depth up to 5,5m at a distance of 2,6km from coastaline. In the area of the pond has unflatten basic morphology, showing the location of the stagnant pond below the water surface. And Landsat image overlay from 1995-1999 and Quickbird imagery from 2006-2014 indicated the a recudction of coastal area. In 1995-2006 show coastline decrease up to 293 meters toward the mainland. In period 2006-2014 the reduced up to 384 hectares.

**Keywords:** *bathymetri, Tugu, Coastaline decrease.*

## I. Pendahuluan

Kota Semarang memiliki posisi astronomi diantara garis 6°50' -7°10' Lintang Selatan dan garis 109°50' - 110°35' Bujur Timur. Kota Semarang memiliki posisi geostrategis karena berada pada jalur lalu lintas ekonomi Pulau Jawa, dan merupakan koridor pembangunan Jawa Tengah (Sardiyatmo,2004).

Luasnya wilayah pesisir Kota Semarang tersusun oleh aluvium muda dengan kompresibilitas tanah yang tinggi serta mengalami proses pemampatan secara alami akibat beban lapisan tanah di atasnya. Proses ini mempercepat terjadinya penurunan muka tanah (Marfai,2004). Ditambah dengan kondisi topografi pesisir yang landai menjadikan kawasan pesisir Tugu sangat rawan terhadap kenaikan muka air laut sehingga memiliki tingkat kerentanan yang tinggi.

Kenaikan permukaan laut sebagai salah satu akibat dari proses pemanasan global menjadi isu penting di daerah pesisir (Marfai dan King, 2008) berdampak pada berkurangnya wilayah daratan. Berkurangnya daratan di pesisir kecamatan Tugu Semarang menyebabkan kerugian dengan berkurangnya lahan produktif akibat dari naiknya muka air laut, abrasi maupun penurunan muka tanah dan diperkirakan akan tergenang setelah kenaikan paras muka air laut dalam 20 tahun mendatang setinggi 16cm dengan luasan 2672,2 Ha (Diposaptono, 2009)

Kawasan pesisir Tugu cukup besar bagi pengembangan dan pembangunan wilayah kota Semarang, akibat berkurangnya daratan pada wilayah tersebut sehingga perlu diketahui kondisi kedalaman laut terkini pada pesisir Kecamatan Tugu. Kedalaman (batimetri) di suatu perairan merupakan hal yang sangat penting dalam penggambaran bentuk morfologi dibawah permukaan air.

Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini ialah mengetahui kedalaman laut serta berkurangnya daratan di Perairan Tugu dengan survei hidrografi berupa pengumpulan data kedalaman (batimetri) dan data citra. Dengan lingkup pada kajian kedalaman, sebagai pendukung berkurangnya wilayah daratan perairan Tugu serta mengetahui bentuk morfologi dibawah permukaan air. Pengambilan data kedalaman dilakukan dengan menggunakan alat *single beam echosounder* dan tongkat ukur, serta pengumpulan data pasang surut sebagai penentuan tinggi elevasi air laut. Data batimetri selanjutnya diolah menjadi kontur yang menggambarkan kedalaman dan morfologi dasar perairan tersebut. Serta data citra untuk mengetahui berkurangnya daratan secara visual.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi batimetri dan berkurangnya wilayah daratan di pesisir Kecamatan Tugu, Semarang.

## II. Materi dan Metode

Materi yang dikaji dalam penelitian ini meliputi data batimetri, data pasang surut pada stasiun pelabuhan Tanjungmas selama 15 hari dan data citra Landsat tahun 1995 dan 1999, Citra Quickbird tahun 2006 dan 2010,serta peta Lingkungan Pantai Indonesia lokasi Semarang tahun 2001 skala 1:25.000

### 2.1 Analisis data batimetri

Pengambilan data batimetri dilakukan tanggal 16-21 Juni 2014. Metode pengambilan sesuai dengan SNI 7646:2010 bertujuan untuk mendapatkan informasi profil di bawah permukaan air pesisir Tugu. Pada lokasi dengan kedalaman >30cm data batimetri diambil dengan menggunakan *Single Beam Echosounder Gps Map 585*. Dan lokasi tambak <30cm dengan tongkat ukur. Hasil jalur pemeruman batimetri dapat dilihat pada gambar 1. Kemudian data pemeruman dikoreksi untuk mendapatkan nilai kedalaman sebenarnya. Besarnya koreksi pasang surut adalah nilai kedalaman (yang telah terkoreksi transduser) dikoreksi dengan nilai reduksi yang sesuai kedudukan permukaan laut pada waktu pengukuran. Reduksi (koreksi) pasang surut laut dirumuskan sebagai berikut:

$$r_t = TWL_t - (MSL + Z_0).....(1) \text{ (Soeprapto, 2001)}$$

$r_t$  : besarnya reduksi yang diberikan kepada hasil pengukuran kedalaman pada waktu t.

$TWL_t$  : kedudukan permukaan laut sebenarnya pada waktu t.

MSL : muka air laut rata-rata.

$Z_0$  : kedalaman muka air surutan di bawah MSL.

Setelah itu ditentukan kedalaman sebenarnya:

$$D = dT - r_t.....(2) \text{ (Soeprapto, 2001)}$$

Keterangan:

D :Kedalaman sebenarnya

dT :Kedalaman terkoreksi transduser

rt :Reduksi pasang surut air laut

Data kedalaman yang sudah dikoreksi ditransfer ke perangkat lunak (*software*), dalam penyajian kontur batimetri dan penampang melintang menggunakan *software ArcMap 10.0* dalam modul *3D analysis*

## 2.2 Analisis Data Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan dalam koreksi kedalaman adalah data pasang surut yang diolah menggunakan metode Admiralty. Metode ini digunakan untuk mencari komponen – komponen pasang surut muka surut rata-rata (MSL), Z0, Pasut saat pengukuran (TWLT) (Djaja, 1989). Dari konstanta pasang surut tersebut diperoleh bilangan Formzahl (F) yang menunjukkan tipe pasang surut di daerah penelitian.

## 2.3 Analisis Pasang Surut dan Kecenderungan Kenaikan Muka Air Laut

Kedudukan permukaan air laut atau MSL dapat dihitung dari data pasang surut 2013-2011 harian dari BIG dan pasut tahunan data BMKG Maritim Tanjungmas 2005-2010. Analisis ini menggunakan interval tahunan untuk memprediksi nilai rerata muka surutan. Kemudian dideskripsikan dalam bentuk tabel dan grafik runtun waktu (*time-series*) sehingga akan terlihat tren kedudukan muka air laut tahun 1995-2014. Data pasang surut dikoreksi dengan data penurunan tanah pada lokasi stasiun sehingga didapat nilai kenaikan muka laut yang sebenarnya yaitu yang disebabkan oleh adanya global warming dan nilai penurunan yang seolah-olah menyebabkan muka laut semakin naik (Wirasatriya, 2006)

Perubahan rata-rata muka laut dihitung berdasarkan data MSL yang telah dikoreksi dengan penurunan BM pasut dan menggunakan pendekatan pola linier pada persamaan berikut :

$$Y = 3,3614x - 6677,9 (R^2 = 0,5373).....(3)$$

Dengan nilai x menyatakan tahun yang pasutnya akan diprediksi, sedangkan y sebagai ketinggian MSL pada tahun yang bersangkutan.

## 2.4 Analisis Berkurangnya Daratan

### Tahap Persiapan

Citra Satelit yang digunakan adalah citra Landsat 5 tahun 1995 dan tahun 1999 yang diperoleh dari USGS.gov Amerika dan Citra Quickbird 2006 dan 2010 dari Quickbird satelit, dalam format Geotiff. Pengolahan data satelit dilakukan dengan *import* data software Image Processing

### Tahap Pengolahan Data.

Citra satelit Landsat dan Quickbird yang dipilih diolah dengan bantuan perangkat lunak pengolah citra ERMapper versi 7.0. Menurut Parman (2010) Pada tahap ini ada 5 kegiatan yang dilakukan, yaitu:

#### a. Koreksi Radiometrik

Citra satelit Landsat sebelum memanfaatkan citra satelit adalah koreksi radiometrik dilakukan karena hasil rekaman satelit mengalami kesalahan yang disebabkan oleh gangguan atmosfer. Gangguan atmosfer menyebabkan nilai pantulan yang diterima oleh sensor mengalami penyimpangan. Besarnya penyimpangan dipengaruhi oleh besar kecilnya gangguan atmosfer pada waktu perekaman. Koreksi radiometrik dimaksudkan untuk menyusun kembali nilai pantulan yang direkam oleh sensor mendekati atau mempunyai pola seperti pantulan obyek yang sebenarnya sesuai dengan panjang gelombang perekamannya.

#### b. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik pada citra Landsat merupakan upaya memperbaiki kesalahan perekaman secara geometrik agar citra yang dihasilkan mempunyai sistem koordinat dan skala yang seragam, dan dilakukan dengan cara translasi, rotasi, atau pergeseran skala.

#### c. *Cropping area of interest cropping*

Berarti melakukan pemotongan citra sesuai dengan daerah yang dikehendaki. Dengan memotong citra berarti daerahnya menjadi lebih sempit dan hal ini akan lebih meringankan beban komputer dalam mengolah citra.

#### d. Delineasi garis pantai

Untuk dapat mengetahui batas garis pantai secara dilakukan delineasi pada citra satelit. Delineasi ini dilakukan pada citra satelit hasil perekaman untuk mengetahui perbandingan dari tiap tahun.

#### e. *Overlay citra*

Overlay hasil delineasi dan interpretasi citra diperlukan untuk mengetahui perubahan garis pantai yang terjadi. Overlay dilakukan pada semua data yang diperoleh baik spasial maupun atribut dapat dilakukan secara benar hasil overlay yang dilakukan berupa peta perubahan garis pantai

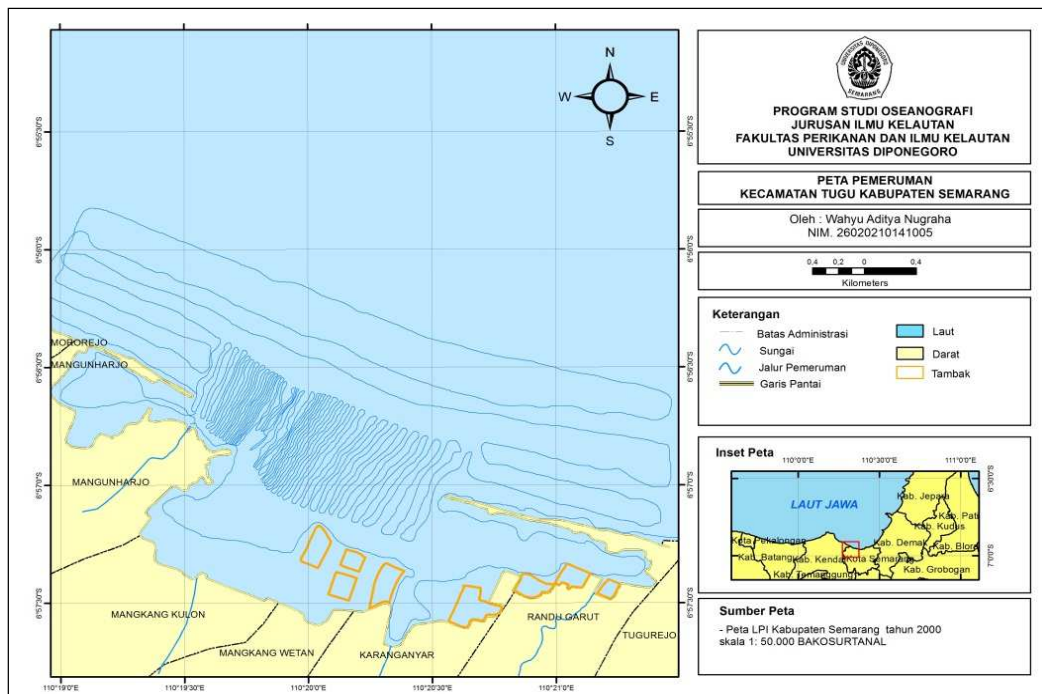
## III. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Pengolahan Batimetri

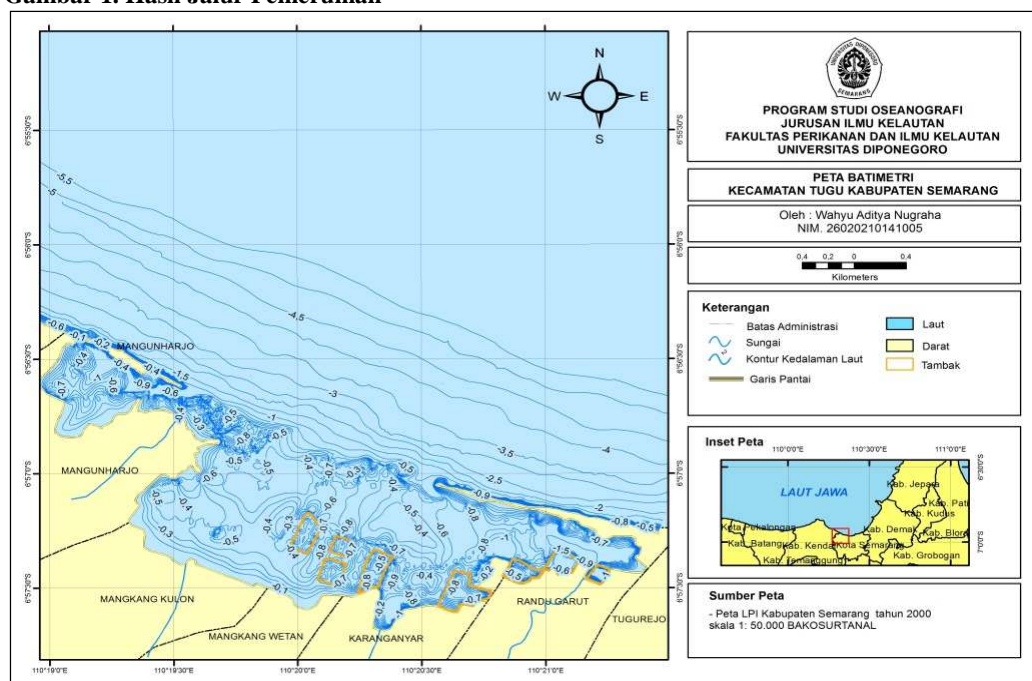
Peta posisi titik fiks pemeruman ini merupakan data posisi kordinat dan kedalaman terbaca yang langsung diunduh dari alat *echosounder* GPS Garmin 585 dengan menggunakan *software* *Mapsource*.

Titik fiks perum menunjukkan bahwa jarak antar titik fiks perum pada suatu jalur pemeruman dapat lebih darapat dari interval lajur perum, kerapatan antar titik – titik fiks perum dan interval lajur pemeruman sudah diperhitungkan jaraknya sehingga diharapkan mampu menghasilkan data kedalaman yang baik (Poerbando dan Djunarsjah, 2005).

Data kedalaman yang terkoreksi digunakan untuk menggambarkan kedalaman di perairan Tugu, Kabupaten Semarang. Data dari masing-masing titik kemudian diinterpolasi dengan perangkat lunak *ArcGis 10.0* menghasilkan peta kontur kedalaman di lokasi penelitian interval tiap 0,5m dan untuk mendapatkan hasil yang lebih detail disekitar tambak dibuat interval 0,1m. Kecamatan pesisir Tugu memiliki nilai kedalaman 0,1-5,5meter



Gambar 1. Hasil Jalur Pemeruman

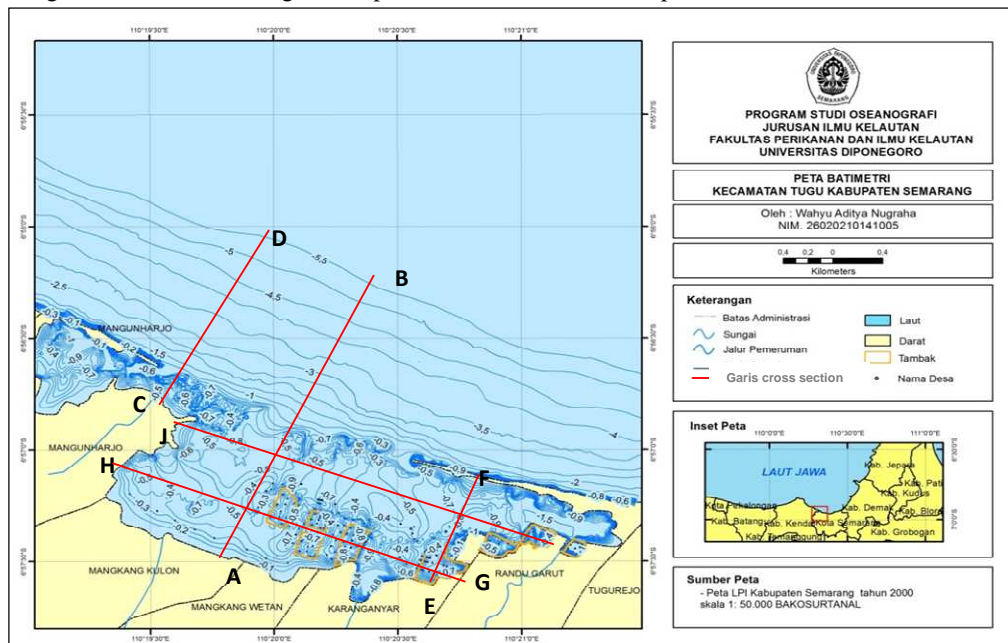


Gambar 2. Peta Batimetri Pesisir Kecamatan Tugu

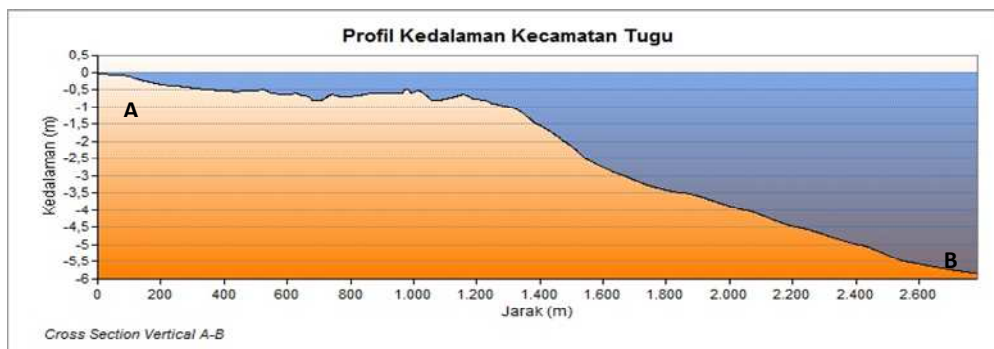
Kondisi batimetri menunjukkan penambahan kedalaman seiring bertambahnya jarak dari pesisir Tugu. Di lokasi tambak garis-garis kontur terlihat rapat hal tersebut menunjukkan masih terdapat bekas-bekas tanggul tambak. Pada lokasi pantai garis-garis kontur tidak terlalu berhimpitan (Gambar 15), hal ini juga dapat menunjukkan tidak terdapatnya cekungan atau perubahan kedalaman secara tajam dengan jarak rata-rata 50-150m setiap kenaikan kontur 0,5m. Demikian dapat disimpulkan bahwa morfologi dasar perairan Tugu, Kabupaten Semarang relatif rata dan landai. Didukung oleh pernyataan Triatmodjo (1999)

### 3.2 Profil Kedalaman Pesisir Tugu

Penampang melintang morfologi dasar laut dibuat menggunakan bantuan perangkat lunak ArcGis 10.0 dengan tools 3D analysys. Penampang melintang morfologi dasar laut juga digunakan untuk mengetahui bentuk morfologi dasar/ profil kedalaman laut lokasi penelitian.



Gambar 3. Peta Batimetri garis cross section

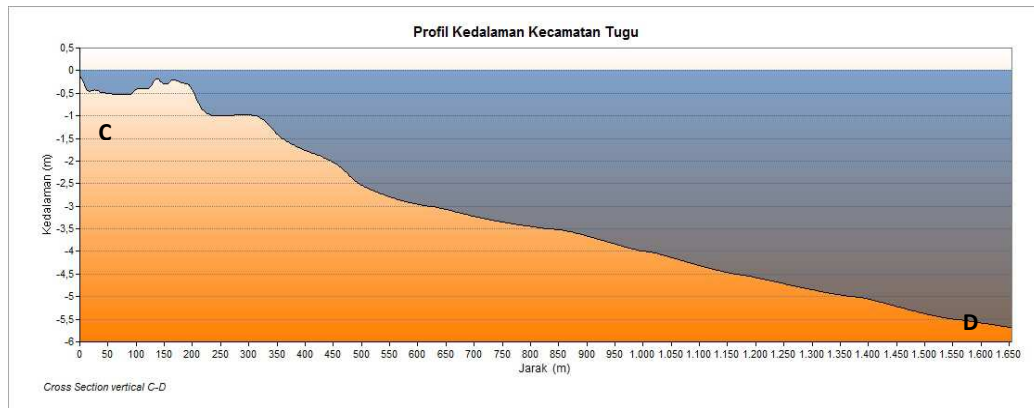


Gambar 4. Profil Kedalaman Tegak Lurus Pantai (A-B)

Beda tinggi kedalaman (d) = 5,5 meter  
 Jarak A-B (L) = 2600 meter  
 $d/L = 0,002115$   
 $\alpha = \tan^{-1} 0,002115$   
 $\alpha = 0,121^\circ$

Hasil perhitungan yang didapat menunjukkan nilai kelerengan dasar perairan  $0,121^\circ$  yang berarti dasar perairan ini adalah datar – hampir datar.

Profil (A-B) memiliki nilai kedalaman variasi antara 0,1-5,5m dengan panjang area 2700m dari garis pantai penelitian. Pada jarak 1200m dari garis pantai, morfologi kedalaman terlihat naik dan turun menandakan lokasi tersebut masih di lokasi area tambak yang terdegradasi



**Gambar 5. Profil Kedalaman Tegak Lurus Pantai (C-D)**

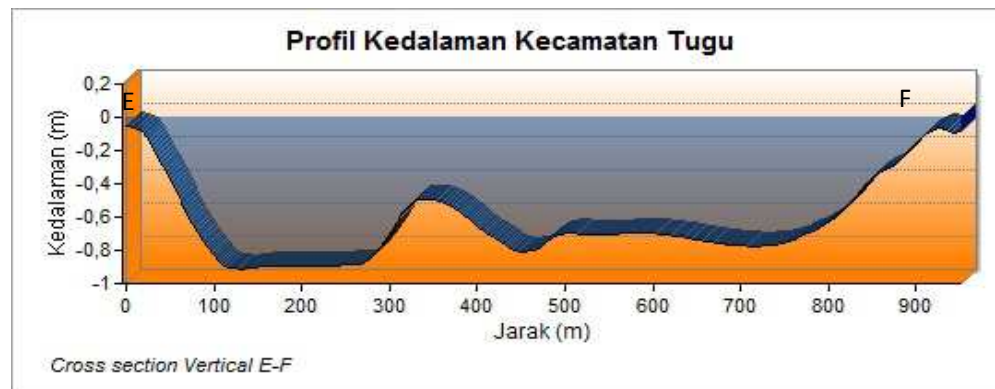
Beda tinggi kedalaman (d) = 5,5 meter  
 Jarak A-B (L) = 1650 meter

$$\frac{d}{L} = 0,0033$$

$$\alpha = \tan^{-1} 0,0033$$

$$\alpha = 0,189^\circ$$

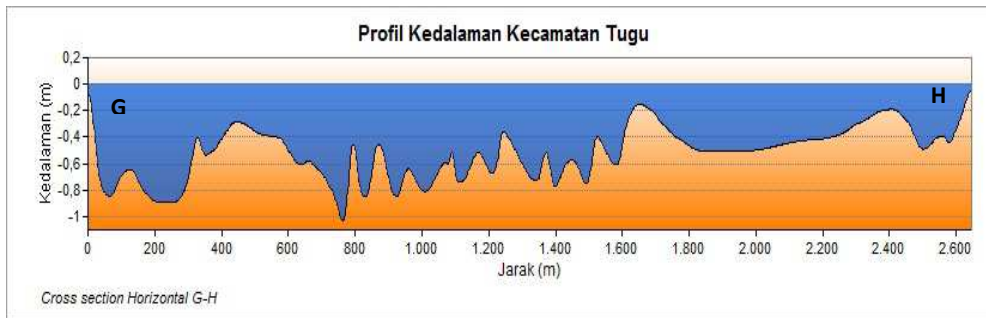
Hasil perhitungan yang didapat menunjukkan nilai kelerengan dasar perairan  $0,189^\circ$  yang berarti dasar perairan ini adalah datar – hampir datar. Profil (C-D) Gambar 5 memiliki kemiripan yang hampir sama dengan profil (A-B). Terlihat 350m dari garis pantai merupakan daerah tambak yang memiliki dasar yang tidak rata. Menunjukkan penurunan kedalaman secara stabil seiring dengan bertambahnya jarak dari pantai.



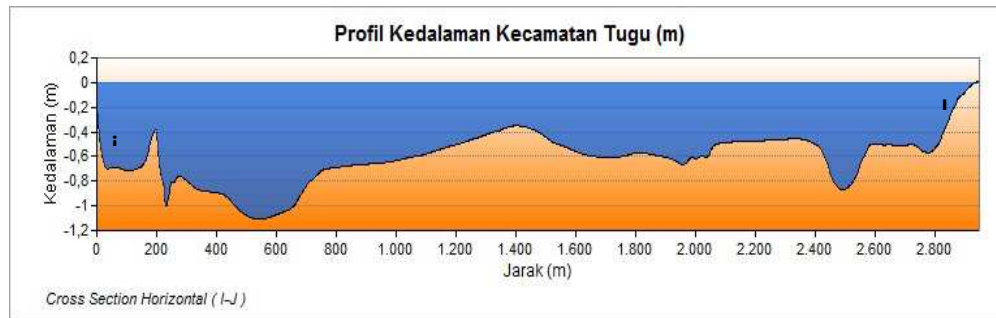
**Gambar 6. Profil Kedalaman Tegak Lurus Pantai (E-F)**

Profil kedalaman pesisir kecamatan Tugu menunjukkan nilai kemiringan  $0,121^\circ - 0,181^\circ$  dikategorikan sangat landai hal ini sesuai dengan pernyataan dari Triatmodjo (1999) yang menyatakan bahwa kemiringan pantai (*slope*) yang landai dapat ditemui di perairan pantai utara Jawa, yaitu ditandai dengan karakteristik gelombang laut yang relatif kecil

Selanjutnya profil penampang melintang sejajar garis pantai menunjukkan ketidakstabilan morfologi dengan ditunjukkan pada gambar 7, terletak pada jarak 400m dari garis pantai masih terlihat morfologi tambak dibawah permukaan air. dan gambar 8 penampang melintang yang terletak 800m dari garis pantai



**Gambar 7. Profil Kedalaman Sejajar Pantai (G-H)**



**Gambar 8. Profil Kedalaman Sejajar Pantai (i-j)**

Pengukuran kedalaman tambak pada tanggul, ini ditandai dengan tiang pancang jaring. Memiliki kedalaman lebih rendah daripada nilai kedalaman kolam tambak. Pada pengukuran lapangan menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan tanah yang terlihat dari tenggelamnya tanggul dibawah permukaan air. Nilai kedalaman tanggul pada penelitian berkisar dari 0,2-0,45m dari permukaan air yang tergambar pada penampang samping secara vertikal dan horizontal dengan kedalaman tambak rata-rata 0,5-1,5m.

**3.3 Pasang surut dan Tren kenaikan muka laut**

Tabel 1. Nilai elevasi pasang surut perairan Tugu, Semarang

Tahun	MSL (cm)
2014	87,05
2013	86,3
2010	92,35
2009	75,38
2008	75,38
2007	58,15
2006	50,5
2005	70,5

Tabel 2. Hasil perhitungan regresi nilai elevasi pasang surut perairan Semarang, BMKG Maritim dalam Herna ( 2011)

Tahun	MSL (cm)
2012	84,8
2011	82,2
2004	58,35
2003	54,98
2002	51,62
2001	48,26
2000	44,9
1999	41,54
1998	38,18
1997	34,82
1996	31,45
1995	28,09

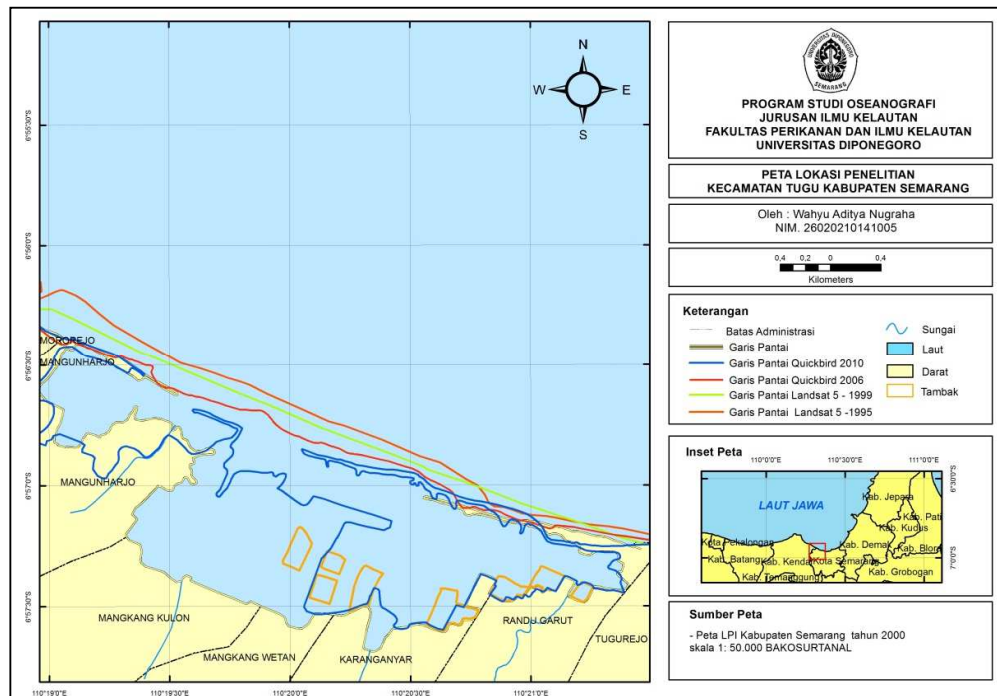
Trend data MSL dari tahun 1995-2014 mengalami perbedaan dikarenakan kondisi tersebut di tambah dengan kondisi penurunan tanah dan kenaikan muka laut pada wilayah Semarang (Wirasatria, 2006; Arief drr, 2012). Menurut Wirasatria (2006) Kenaikan muka laut akibat pengaruh secara global merupakan rata-rata muka laut dikurangi dengan penurunan muka tanah pada lokasi penelitian dengan nilai kenaikan muka laut global 0,265cm/tahun. Dan kenaikan muka laut pada stasiun pasut dengan asumsi mengikuti pola linier sebesar 3,36cm/tahun didapat dari persamaan regresi  $Y = 3,3614x - 6677,9$  ( $R^2 = 0,5373$ ). Sehingga didapat nilai penurunan tanah sebesar 3,10cm/tahun.

$$\begin{aligned} \text{Muka laut global} &= \text{msl} - \text{penurunan muka tanah (A)} \\ 0,26\text{cm} &= (3,36 - A) \text{ cm} \\ A &= 3,36 - 0,26\text{cm} \\ \text{Penurunan muka tanah} &= 3,10\text{cm/tahun} \end{aligned}$$

Dengan mengikuti pola linier perkembangan kenaikan muka laut Semarang di stasiun pasut rata-rata 3,36cm/tahun. Dengan nilai kenaikan muka laut global sebesar 0,26cm/tahun (Wirasatria, 2006) merupakan pengaruh kenaikan yang dapat terjadi akibat kondisi global. Kemudian dapat diprediksi penurunan tanah pada lokasi stasiun pasang surut sebesar 3,10cm/tahun. Prediksi penurunan diasumsikan secara fungsi linier dan angka ini berlaku pada lokasi stasiun pasut saja.

### 3.4 Berkurangnya wilayah daratan

Perubahan garis pantai pesisir Kecamatan Tugu Semarang, tahun 1995 – 2014. Pada citra Landsat tahun 1995-1999 garis pantai rata-rata bergeser hingga 75m kearah darat. Dan pada tahun 1999-2006 bergesernya pantai semakin meningkat hingga rata-rata 123m. Berkurangnya daratan mulai terlihat pada citra Quickbird tahun 2006-2010 sebesar 284 ha. Dan berkurangnya daratan semakin bertambah menjadi 382 ha pada tahun 2010-2014. Dapat diperhatikan pada peta perubahan garis pantai (Gambar 9) tampak berkurangnya wilayah daratan pesisir Kecamatan Tugu hingga tahun 2014



Gambar 9. Peta Perubahan Garis Pantai Semarang tahun 1995-2014



### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecamatan pesisir Tugu memiliki profil kedalaman perairan landai dengan kedalaman 0 – 5,5 meter dengan jarak 2,6 km dari garis pantai perairan Tugu. dengan kedalaman pada area tambak 0-1,5 meter dan daerah pantai 0-5,5 meter.
2. Pada perairan Tugu telah terjadi pengurangan daratan yang sejak tahun 1995 hingga 2014. Tahun 1995-2006 menunjukkan perubahan garis pantai rata-rata 75-123m dan pada tahun 2006-2010 berkurangnya area daratan tambak sebesar 284 ha. Dan ditahun 2010-2014 semakin berkurang hingga 384ha.

### **Daftar Pustaka**

- Arief, L.N., Purnama, B.S., dan Trias, A., 2012, Pemetaan Risiko Bencana Banjir Rob Kota Semarang: Proceeding of The 1st Conference on Geospatial Information Science and Engineering.
- Badan Standar Nasional Indonesia. 2010. (SNI 7646:2010). Survei Hidrografi menggunakan singlebeam echosounder. Jakarta.
- Diposaptono, Subandono dkk (2009), Menyiasati Perubahan Iklim di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Buku Ilmiah Populer, Bogor.
- Djaja, R, 1989. Pengamatan Pasang Surut Laut untuk Penentuan Datum Ketinggian. *Dalam* O. S. R. Ongkosongo dan Suyarso (Ed.), Pasang – Surut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Marfai, M. A. 2004. GIS modelling of river and tidal flood hazards in a waterfront city: case study, Semarang City, Central Java, Indonesia. M.Sc. thesis, International Institute for GeoInformation and Earth Observation, ITC, Enschede, The Netherlands
- Marfai, MA., King, Lorenz., Sartohadi, J., Sudrajat, Sudrajat., Budiani, S R., Yulianto, F., 2008, The Impact of Tidal Flooding on a Coastal Community in Semarang, Indonesia
- Poerbandono dan E. Djunarsjah. 2005. Survey Hidrografi. Refika Aditama, Bandung.
- Sardiyatmo. 2004. Kajian Perubahan Garis Pantai Semarang dengan Foto Udara Pankromatik Hitam Putih. Jurnal Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. Semarang
- Satyanta Parman.2010. Deteksi Perubahan Garis Pantai Melalui Citra Penginderaan Jarak Jauh Pantai Demak. Jurnal Geografi Universitas Semarang. Semarang
- Soeprapto. 2001. Survei Hidrografi. Gadjah Mada University Oress, Yogyakarta
- Triatmodjo B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta