

## KAJIAN EFEKTIVITAS PENGUKURAN GARIS PANTAI MENGUNAKAN RTK DAN TOTAL STATION

Wahyu Gangga<sup>\*</sup>, B. D. Yuwono, Fauzi Janu Amarrohman

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

### ABSTRAK

Garis pantai adalah garis batas pertemuan antaran daratan dan air laut, di mana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi (Triatmodjo, 1999). Garis pantai merupakan bagian penting dari suatu negara kepulauan seperti Indonesia. Karena garis pantai dapat digunakan sebagai acuan penetapan batas wilayah bahkan batas negara dan untuk penetapan batas pengelolaan sumberdaya alam. Selain itu garis pantai juga digunakan untuk menentukan batas wilayah laut propinsi dan kabupaten atau kota yang terdiri dari wilayah darat dan laut. Pengukuran garis pantai sejauh ini terdapat beberapa metode salah satunya dengan pengukuran metode terestris, pada penelitian ini akan mengkaji antara data hasil pengukuran garis pantai menggunakan metode RTK Radio yang akan dibandingkan dengan metode terestris dengan *Total Station* yang diasumsikan sebagai pengukuran paling benar atau definitif. Perbandingan tersebut mencari metode mana yang lebih efektif, dengan mempertimbangkan ketelitian, waktu, dan biaya serta hasil akhir dari garis pantai yang terbentuk. Pengukuran garis pantai dengan GNSS metode RTK Radio dan metode terestris dengan *Total Station* direferensikan terhadap datum vertikal lokal masing – masing garis pantai yang diperoleh akan mengacu pada *chart datum* yaitu: *Higher Hig Water Level* (HHWL), *Mean Sea Level* (MSL) dan *Lower Low Water Level* (LLWL). Dilihat dari hasil uji statistik sampel, ketelitian horizontal dan vertikal dari dua metode ini tidak menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan. Perbandingan posisi horizontal (X,Y) antara RTK Radio dengan *Total Station* diperoleh rata – rata pergeseran nilai sebesar 0.468 m dengan nilai standar deviasi ( $\sigma$ ) sebesar  $\pm 0.684$  m. Dari hasil tersebut maka pengukuran GNSS metode RTK Radio memenuhi *Circular Error 90 %* atau CE90 kelas 3 untuk skala 1:2500 dan *Linear Error 90%* atau LE90 kelas 3 untuk skala 1:1000. Sehingga pengukuran RTK dapat digunakan untuk pengukuran pemetaan skala besar sampai dengan 1:2500. Perbandingan waktu yang digunakan untuk pengukuran garis pantai dengan GNSS metode RTK Radio rata – rata memerlukan waktu sebesar 7 menit 47.9 detik untuk setiap sesi atau patok. Pengukuran terestris metode *Total Station* memerlukan waktu rata – rata sebesar 17 menit 26.2 detik untuk menyelesaikan sesi yang sama dengan metode RTK Radio. Biaya pengukuran RTK Radio lebih murah dibandingkan dengan pengukuran terestris dengan *Total Station*. Hasil dari penggambaran garis pantai dua metode pada peta tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

**Kata Kunci :** Garis Pantai, Ketelitian, RTK Radio, *Total Station*

### ABSTRACT

*The coastline is the boundary line between land and sea water, where the position is not fixed and can move according to the tides and coastal erosion that occurs (Triatmodjo, 1999). The coastline is an important part of an archipelagic nation like Indonesia. Because the coastline can be used as a reference for determining the boundaries of regions and even national borders and for determining the limits of natural resource management. Besides that, the coastal plot is also used to determine the provincial and regency or city sea area boundaries which consist of land and sea areas. Coastline measurement so far there are several methods, one of them is by measuring terrestrial method, this study will examine the coastline measurement data using RTK Radio method which will be compared with terrestrial method with Total Station which is assumed to be the most correct or definitive measurement. These comparisons look for which method is more effective, taking into account the accuracy, time, and costs and final results of the shoreline formed. Coastline measurement with GNSS RTK Radio method and terrestrial method with referenced Total Station to the local vertical datum of each coastline obtained will refer to the datum chart, namely: Higher Hig Water Level (HHWL), Mean Sea Level (MSL) and Lower Low Water Level (LLWL). Judging from the results of the sample statistical tests, the horizontal and vertical accuracy of these two methods did not show a significant difference in results. Comparison of the horizontal position (X, Y) between Radio RTK and Total Station obtained an average shift value of 0.468 m with a standard deviation value ( $\sigma$ ) of  $\pm 0.684$  m. From these results the GNSS measurement method RTK Radio meets the Circular Error 90% or CE90 class 3 for a scale of 1: 2500 and Linear Error 90% or LE90 class 3 for a scale of 1: 1000. So RTK measurements can be used for large-scale mapping measurements up to 1: 2500. The comparison of the time used for coastline measurement with GNSS RTK Radio method requires an average of 7 minutes 47.9 seconds for each session or stakes. The terrestrial measurement of the Total Station method requires an average time of 17 minutes 26.2 seconds to complete the same session as the RTK Radio method. The cost of measuring RTK Radio is cheaper compared to terrestrial measurements with Total Station. The results of the coastline depiction of the two methods on the map do not show significant differences.*

**Keywords:** Accuracy, Coastline, RTK Radio, Total Station,

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

## I. Pendahuluan

### I.1 Latar Belakang

Garis pantai adalah garis batas pertemuan antaran daratan dan air laut, di mana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi (Triatmodjo, 1999). Garis pantai merupakan bagian penting dari suatu negara kepulauan seperti Indonesia. Karena garis pantai dapat digunakan sebagai acuan penetapan batas wilayah bahkan batas negara dan untuk penetapan batas pengelolaan sumberdaya alam. Selain itu garis pantai juga digunakan untuk menentukan batas wilayah laut propinsi dan kabupaten atau kota yang terdiri dari wilayah darat dan laut. Tercantum dalam Undang – undang (UU) No. 22 Tahun 1999, terutama tercantum dalam Psal 3 dan Pasal 10 ayat 3, yang menyebutkan bahwa wilayah daerah propinsi dan kabupaten atau kota terdiri dari wilayah darat dan wilayah laut, masing – masing 12 mil laut yang diukur dari garis pantai ke arah laut lepas dan atau perairan kepulauan untuk wilayah laut propinsi dan sejauh sepertiganya untuk wilayah laut kabupaten atau kota. Indonesia termasuk negara kepulauan, dimana banyak wilayah propinsi dan kabupaten atau kota yang memiliki batas laut dan garis pantai, menurut Badan Informasi Geospasial (BIG) panjang total garis pantai Indonesia adalah 99.093 kilometer.

Penentuan garis pantai di Indonesia diatur dalam Undang – undang No. 4 tahun 2011 tentang informasi geospasial. Garis pantai menurut pasal tersebut dibagi menjadi tiga jenis berdasar pasang – surut air laut, yaitu: (a) garis pantai surut terendah, (b) garis pantai pasang tertinggi, dan (c) garis pantai tinggi muka air laut rata – rata. Garis pantai surut terendah digunakan untuk Peta Lingkungan Laut Indonesia, sedangkan garis pantai tinggi muka air laut rata – rata digunakan untuk Peta Rupa Bumi Indonesia.

Pada umumnya, terdapat beberapa metode yang digunakan untuk penentuan garis pantai untuk keperluan pemetaan. Metode – metode tersebut antara lain : pengukuran terestris, penginderaan jauh dengan memanfaatkan citra satelit dan foto udara. Metode pengukuran terestris umumnya digunakan untuk pemetaan wikayah pantai skala besar, metode ini dilakukan untuk mendapatkan posisi titik – titik ukur (X, Y). Pada saat ini penentuan posisi dengan menggunakan metode survei GNSS merupakan metode penentuan posisi yang sangat baik dan teliti hingga mencapai mm (millimeter) untuk koordinat sumbu (X,Y,Z), cm/s dalam penentuan kecepatannya dan nano detik untuk ketelitian waktunya. Ketelitian dari penentuan posisi yang diperoleh dipengaruhi berbagai macam factor antara lain : metode penentuan posisi yang digunakan, geometri satelit, ketelitian data dan strategi pemrosesan data (Abidin, 2007).

Dengan latar belakan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang pengukuran garis pantai dengan metode GNSS *Tracking* (RTK Radio). Dalam penelitian ii penulis akan menganalisis perbandingan posisi horsonal dan vertikal (X,Y,Z), perbandingan

hasil pengukuran dan efektivitas dari pengukuran garis pantai dengan GNSS metode RTK Radio dan pengukuran terestris metode *Total Station* dengan memilih lokasi penelitian di pantai *Marine Station Techno Park* (MSTP) Teluk Awur Universitas Diponegoro, Kabupaten Jepara.

### I.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana efektivitas metode pengukuran garis pantai antara metode RTK (*GNSS Tracking*) dan *Total Station*?
2. Bagaimana perbedaan hasil garis pantai dari pengukuran metode RTK (*GNSS Tracking*) dan *Total Station*?

### I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Menganalisis efektivitas garis pantai dari pengukuran metode RTK (*GNSS Tracking*) dan *Total Station*.
2. Mengetahui hasil garis pantai dari hasil pengukuran metode RTK (*GNSS Tracking*) dan *Total Station*.

### I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian ini dilakukan di Pantai Marine Station Teluk Awur Universitas Diponegoro, Kab. Jepara, Provinsi Jawa Tengah.
2. Data penelitian yang digunakan adalah data pengamatan pasang surut muka laut dan data pengukuran garis pantai dengan metode GNSS *Tracking* yaitu RTK Radio.
3. Data pendukung yang digunakan adalah data stasiun *Continously Operating Reference System* (CORS) terdekat.
4. Data pembanding diperoleh dari pengukuran terestris dengan *Total Station* berupa data koordinat (X, Y, Z).
5. Panjang pantai area studi adalah 1,5 kilometer.
6. Efektivitas hasil pengukuran dilihat dari waktu, biaya, dan ketelitian pengukuran.

## II. Tinjauan Pustaka

### II.1 Garis Pantai

Garis pantai merupakan merupakan garis pertemuan antara daratan dengan lautan yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Garis pantai yang dimaksud adalah a. garis pantai surut terendah; b. garis pantai pasang tertinggi; dan c. garis pantai tinggi muka air laut rata-rata (Badan Informasi Geospasial, 2011). Secara sederhana proses perubahan garis pantai disebabkan oleh angin dan air yang bergerak dari suatu tempat ke tempat lain, mengikis tanah dan kemudian mengendapkannya di suatu tempat secara kontinu. Proses pergerakan gelombang datang pada pantai secara esensial berupa osilasi. Angin yang menuju ke pantai secara bersamaan dengan gerak gelombang yang

menuju pantai berpasir secara tidak langsung mengakibatkan pergesekan antara gelombang dan dasar laut, sehingga terjadi gelombang pecah dan membentuk turbulensi yang kemudian membawa material disekitar pantai termasuk yang mengakibatkan pengikisan pada daerah sekitar pantai (erosi). Pada dasarnya proses perubahan pantai meliputi proses erosi dan akresi. Erosi pada sekitar pantai dapat terjadi apabila angkutan sedimen yang keluar ataupun yang pindah meninggalkan suatu daerah lebih besar dibandingkan dengan angkutan sedimen yang masuk, apabila terjadi sebaliknya maka yang terjadi adalah sedimentasi (Triatmodjo, 1999).

## II.2 Pasang Surut

Pasut laut (*ocean tide*) adalah fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi benda-benda langit terutama bulan dan matahari (Poerbandono, 2005). Pengaruh gravitasi benda-benda langit terhadap bumi tidak hanya menyebabkan pasut laut, tetapi juga mengakibatkan perubahan bentuk bumi (*bodily tides*) dan atmosfer (*atmospheric tides*). Istilah “pasut laut” pada buku ini akan dinyatakan dengan “pasut” yang merupakan gerak naik dan turun muka laut dengan periode rata-rata sekitar 12,4 jam atau 24,8 jam. Fenomena lain yang berhubungan dengan pasut adalah arus pasut, yaitu gerak badan air menuju dan meninggalkan pantai saat air pasang dan surut..

Data tinggi muka air pada rentang waktu tertentu juga berguna untuk keperluan peramalan pasut. Analisis data pengamatan tinggi muka air juga akan berguna untuk mengenali karakter pasut dan fenomena lain yang mempengaruhi tinggi muka air laut. Setelah memperoleh data pasut, maka dapat diolah menggunakan beberapa metode seperti *least square* dan *admiralty* untuk mendapatkan konstanta pasut. Penentuan konstanta pasut laut berhubungan dengan komponen-komponen harmonik gaya yang menyebabkan terjadinya pasut laut. Setelah memperoleh komponen-komponen harmonik gaya pembangkit pasut, maka selanjutnya dilakukan penentuan nilai perubahan amplitude dan fase dari setiap komponen harmonik terhadap kondisi Bumi setimbang yang nantinya akan dinyatakan dalam sebuah konstanta. Hukum Laplace mengatakan “gelombang komponen pasang surut setimbang selama penjarannya akan mendapatkan respons dari laut yang dilewatinya, sehingga amplitudanya akan mengalami perubahan, dan fasenya mengalami keterlambatan, namun frekuensi atau kecepatan sudut masing-masing komponen adalah tetap”. Komponen-komponen harmonik yang telah diperoleh dari teori gaya pembangkit pasut merupakan komponen periodik yang memiliki frekuensi dan kecepatan sudut tertentu. Dari komponen – komponen harmonik tersebut dapat digunakan untuk menghitung datum tinggi yang merupakan produk dari pengolahan data pasut.

## II.3 Sistem RTK (*Real Time Kinematic*)

Sistem RTK (*Real-Time Kinematic*) adalah suatu sistem penentuan posisi *Real-time* secara *differential* menggunakan data fase. Dalam hubungannya untuk memberikan data *real-time*, stasiun referensi harus mengirimkan data fase dan pseudorange kepada pengguna secara *real-time* menggunakan sistem komunikasi data. Stasiun referensi dan pengguna harus dilengkapi dengan suatu sistem pemancar dan penerima data yang dapat berfungsi dengan baik sehingga komunikasi data dapat berjalan dengan baik. Ketelitian posisi yang diberikan oleh sistem RTK sekitar 1-5 cm, dengan syarat bahwa ambiguitas fase dapat ditentukan secara benar. Salah satu hal yang harus diatasi adalah penentuan ambiguitas fase dengan menggunakan jumlah data yang terbatas dan juga dengan *receiver* yang bergerak merupakan hal yang cukup susah. Mekanisme penentuan ambiguitas fase pada metode RTK dinamakan *on fly ambiguity* (Abidin, 2007).

## II.4 Sistem Single Base RTK (RTK-Radio)

RTK merupakan metode akurat untuk mendapatkan posisi titik yang diinginkan dalam waktu pengamatan yang singkat, berbasis *diferensial data code* dan *carrier phase*. *Differential data code* dan *carrier phase* digunakan untuk pengukuran titik koordinat yang diinginkan. Secara umum metode ini adalah metode terbaik untuk mendapatkan koordinat titik dengan ketelitian tinggi dalam waktu singkat (Abidin, 2007).

Survei *real-time* kinematik mensyaratkan bahwa dua penerima dioperasikan secara bersamaan. Pada metode ini bahwa gelombang radio digunakan untuk mengirimkan koreksi ke *rover*. Salah satu *receiver* menempati stasiun referensi dan melakukan pengamatan GPS statik untuk mengirimkan koreksi ke *rover*. Pengukuran GPS dari kedua penerima diproses secara *Real-time* oleh komputer *onboard* unit untuk menghasilkan penentuan titik dengan cepat. Karena posisi titik dengan akurasi tinggi dapat segera peroleh, *Real-time* survei kinematik juga bisa digunakan untuk pengukuran konstruksi (Sheng L.L., 2003.).

## II.5 Pengukuran Metode Terestris dengan Total Station

Perkembangan terakhir dari *Theodolite* yaitu munculnya generasi *Total Station* dan *Smart Station*. *Total Station* merupakan teknologi alat yang menggabungkan secara elektronik antara teknologi *Theodolite*, teknologi EDM atau *Electronic Distance Measurement*, *data collector* dan mikro komputer. EDM merupakan alat ukur jarak elektronik yang menggunakan gelombang elektromagnetik sinar infra merah sebagai gelombang pembawa sinyal pengukuran dan dibantu dengan sebuah reflektor berupa prisma sebagai target. Reflektor adalah alat pemantul sinar infra merah agar kembali ke EDM. Sedangkan *Smart Station* merupakan penggabungan *Total Station* dengan GPS Geodetik.

*Total Station* dapat digunakan pada setiap tahapan survei seperti survei pendahuluan, survei titik

kontrol dan survei pematokan. *Total Station* terutama cocok untuk survei topografi, dimana surveyor membutuhkan posisi X,Y,Z dari sejumlah detil yang cukup banyak (700 sampai 1000 titik per hari), dua kali lebih banyak dari data yang dikumpulkan dengan *Theodolite* biasa (stadia) dan *EDM*. Hal ini akan sangat berarti dalam hal peningkatan produktivitas dan akan menjadikan cara ini dapat bersaing dengan teknik fotogrametri atau survei udara. Apalagi telah dapat dihubungkan secara langsung dengan komputer dan plotter. Setiap jenis alat *Electronic Total Station (ETS)* akan memiliki spesifikasi ciri tersendiri dalam hal prosedur pemakaian maupun dalam penanganan datanya. Namun, untuk mempelajari jenis *ETS* tersebut secara umum yang perlu dipelajari antara lain: pengelolaan basis data, spesifikasi dan kemampuan *ETS* serta sistem operasi instrumen.

**II.6 Pedoman Standar Minimal**

Ikatan Nasional Konsultan Indonesia yang selanjutnya disebut INKINDO merupakan asosiasi terkait yang berwenang dalam pembuatan pedoman standar minimal setiap tahun untuk keperluan memenuhi kebutuhan perusahaan jasa konsultasi nasional, yang digunakan sebagai alat bantu penyusunan penawaran harga (usulan biaya) serta dapat digunakan pengguna jasa sebagai acuan dalam menyusun rencana anggaran biaya (RAB) dan harga perkiraan sendiri (HPS) untuk kegiatan jasa konsultasi. Pedoman standar minimal ini terdiri atas dua komponen pokok yaitu Biaya Langsung Personil (*Remuneration / Billing Rate*) dan Biaya Langsung Non Personil (*Direct Cost*). Beberapa ketentuan dalam penggunaan pedoman standar minimal antara lain :

1. Biaya Langsung Personil (*Remuneration / Billing Rate*)
  - a. Biaya langsung personil untuk jasa konsultasi dihitung dengan mempertimbangkan dan berdasarkan harga pasar yang berlaku dan wajar, serta didukung dengan studi perbandingan, penelitian komprehensif serta dokumen-dokumen yang dapat dipertanggungjawabkan.
  - b. Biaya langsung personil ini berlaku untuk tenaga ahli nasional
  - c. Biaya langsung personil bagi seorang tenaga ahli yang memberikan jasa konsultasi dihitung menurut jumlah satuan waktu tertentu (bulan, minggu, hari, jam) ditetapkan berdasarkan pengalaman professional yang setara (*comparable experiences*) sejak lulus dari pendidikan tinggi.
  - d. Biaya langsung personil tenaga sub professional tercantum dalam tabel 1 berlaku untuk **Provinsi DKI Jakarta** (sebagai *benchmark*).

**Tabel.1** Biaya Personil Langsung (Ikatan Nasional Konsultan Indonesia, 2018)

NO	PERSONIL	RUPIAH PER BULAN
1.	CAD / CAM OPERATOR	10.350.000
2.	SOFTWARE PROGRAMMER / IMPLEMENTER	12.150.000
3.	HARDWARE TECHNICIAN	10.350.000
4.	FACILITATOR	10.350.000
5.	SENIOR ASSISTANT PROFESSIONAL STAFF	13.200.000
6.	ASSISTANT PROFESSIONAL STAFF	12.450.000
7.	SPECIAL TECHNICIAN / INSPECTOR	12.150.000
8.	TECHNICIAN	10.350.000
9.	INSPECTOR	10.350.000
10.	SURVEYOR	9.300.000

- e. Indeks biaya langsung personil per provinsi dengan *Benchmarking* DKI Jakarta tercantum pada **Tabel 2** berikut.

**Tabel.2** Indeks Biaya Personil Langsung (Ikatan Nasional Konsultan Indonesia, 2018)

NO	PROVINSI	INDEKS
1	Nanggroe Aceh Darussalam	1,117
2	Sumatera Utara	0,964
3	Sumatera Barat	0,915
4	Riau	0,987
5	Kepulauan Riau	1,018
6	Jambi	0,897
7	Sumatera Selatan	0,929
8	Kepulauan Bangka Belitung	0,934
9	Bengkulu	0,865
10	Lampung	0,878
11	Banten	0,907
12	<b>DKI Jakarta (Benchmarking)</b>	<b>1,000</b>
13	Jawa Barat	0,853
14	Jawa Tengah	0,842
15	DI Yogyakarta	0,845
16	Jawa Timur	0,926
17	Bali	0,880
18	Nusa Tenggara Barat	0,918
19	Nusa Tenggara Timur	0,916
20	Kalimantan Barat	0,866
21	Kalimantan Tengah	0,928
22	Kalimantan Selatan	0,946
23	Kalimantan Timur	0,998
24	Kalimantan Utara	0,999
25	Sulawesi Utara	1,007
26	Sulawesi Tengah	0,915
27	Sulawesi Tenggara	0,936
28	Sulawesi Selatan	0,964
29	Sulawesi Barat	0,943
30	Gorontalo	0,896
31	Maluku	0,953
32	Maluku Utara	0,962
33	Papua	1,211
34	Papua Barat	1,185

- f. Perhitungan konversi minimum biaya langsung personil menurut satuan waktu seperti persamaan (1), (2), dan (3).

$$SBOM = \frac{SBOB}{4,1} \dots\dots\dots(1)$$

$$SBOH = \frac{SBOB}{22} \times 1,1 \dots\dots\dots(2)$$

$$SBOJ = \frac{SBOH}{8} \times 1,3 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

SBOB = Satuan Biaya Orang Bulanan (*Persong Month Rate*)

SBOM = Satuan Biaya Orang Mingguan (*Persong Week Rate*)

SBOH = Satuan Biaya Orang Harian (*Persong Day Rate*)

SBOJ = Satuan Biaya Orang Jam (*Persong Hour Rate*)

2. Biaya Langsung Non Personil (*Direct Cost*)

Biaya langsung non personil adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menunjang pelaksanaan kegiatan proyek yang dibuat dengan mempertimbangkan dan berdasarkan harga pasar yang wajar dan dapat dipertanggungjawabkan serta sesuai dengan perkiraan kegiatan. Biaya langsung non personil ini terdiri dari tiga komponen (Ikatan Nasional Konsultan Indonesia, 2018). Komponen tersebut antara lain :

- *Reimbursable*, adalah biaya yang dapat diganti yang sebenarnya dikeluarkan oleh konsultan untuk pengeluaran-pengeluaran yang sesungguhnya (*at cost*) dan kegiatan yang telah ditetapkan.
- *Fixed Unit Rate*, adalah biaya yang dikeluarkan oleh konsultan berdasarkan harga satuan yang pasti dan tetap untuk unsur pekerjaan dengan volume yang diperkirakan, seperti sewa peralatan penunjang seperti pada tabel berikut :

**Tabel.3** Daftar Harga Sewa Peralatan Penunjang ([www.globalsurveybandung.com](http://www.globalsurveybandung.com), 2018)

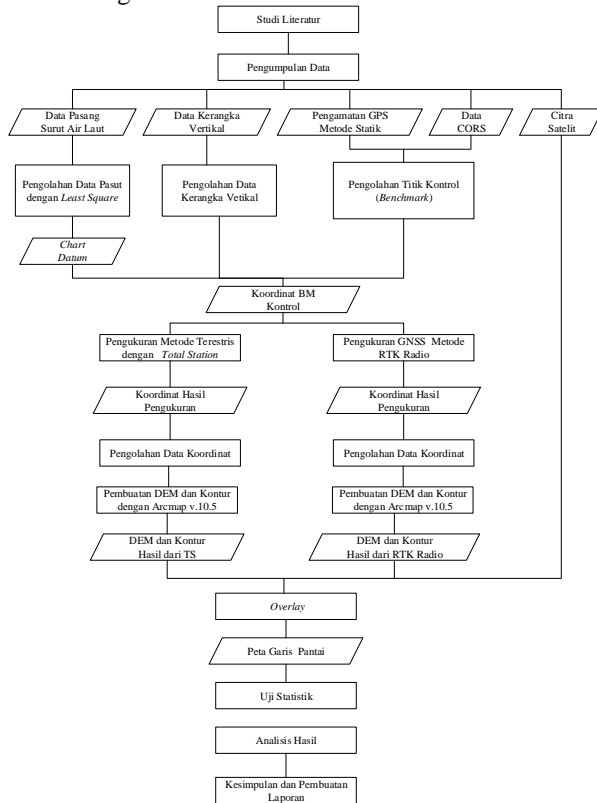
No.	Alat Survei	Kelengkapan	Harga Sewa/ Hari
1	Total Station Topcon ( <i>all type</i> )	prisma ads (2) prisma ak (1), stick (1), statip (3)	Rp. 250,000,-
2	Total Station Sokkia	prisma ads (2) prisma ak (1), stick (1), statip (3)	Rp. 250,000,-
3	Total Station Nikon	prisma ads (2) prisma ak (1), stick (1), statip (3)	Rp. 250,000,-
4	GPS RTK Set	Receiver GPS (2), Statip (1), Stick (1), Controller (1)	Rp. 1,500,000,-

Dari daftar harga di atas maka dapat dihitung biaya peralatan yaitu :  
 Biaya sewa = Harga Sewa x Waktu pengukuran

**III. Metodologi Penelitian**

**III.1 Diagram Alir Penelitian**

Secara garis besar tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan **Gambar 1**.



**Gambar 1** Diagram Alir Penelitian

**III.2 Peralatan dan Bahan Penelitian**

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Peralatan Pengolahan Data
 

Perangkat pengolahan data terdiri dari 2 (dua) perangkat, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) :

  - 1) Perangkat Keras (*Hardware*)
    - a. Laptop ASUS A456U
    - b. GNSS Receiver Topcon HiPer II
    - c. Kamera Digital
    - d. Total Station
    - e. Palembang pasut
  - 2) Perangkat Lunak (*Software*)
    - a. Topcon Tools
    - b. Topcon Surf
    - c. Microsoft Office Word 2010
    - d. Microsoft Office Excel 2010
    - e. Surfer 14
    - f. ArcGIS 10.5

2. Data penelitian

**Tabel 4** Data Penelitian

No	Data	Sumber	Tahun
1	Data Pasang Surut	BIG, Pengamatan	2018
2	Data Koordinat Benchmark	Pengamatan	2018
3	Data CORS	BIG	2018
4	Data Waterpass	Pengukuran	2018
5	Data RTK Radio	Pengukuran	2018
6	Data Total Station	Pengukuran	2018
7	Citra Satelit	Bing.com	2018

**III.3 Tahap Pengolahan Data**

**III.3.1. Penentuan Titik Kontrol**

Pada penelitian ini titik kontrol atau *Benchmark* merupakan komponen utama sebagai titik ikat pengukuran garis pantai menggunakan GNSS metode RTK dan metode terestris dengan *Total Station*. Penentuan titik kontrol ini dilakukan dengan beberapa tahap antara lain:

1. Pengamatan GNSS Statik
 

Pengamatan GNSS metode statik dilakukan untuk menentukan posisi atau koordinat titik kontrol. Data hasil pengamatan diolah secara *post processing* dengan menggunakan data CORS dari Stasiun CJEP, CPWD, dan CSEM dari Badan Informasi Geospasial (BIG).
2. Pengolahan Data Pasut
 

Pada penelitian ini, data pasut yang digunakan bersumber dari data pasut Badan Informasi Geospasial (BIG) Stasiun pengamatan pasut Jepara, dengan pengamatan periode 15 maret 2018 sampai dengan 15 Mei 2018. Data pasang surut pada penelitian ini digunakan untuk penentuan *chart datum* sebagai referensi tinggi atau datum vertikal untuk pengukuran. Datum

vertikal yang digunakan dalam pengukuran garis pantai GNSS metode RTK dan metode terestris dengan *Total Station* antara lain: *Higher High Water Level* (HHWL), *Mean Sea Level* (MSL), dan *Lower Low Water Level* (LLWL). Data pasut ini diolah dengan menggunakan metode *Least Square*.

3. Pengolahan Data Kerangka Vertikal  
Data kerangka vertikal hasil pengukuran *waterpass* digunakan untuk pengikatan tinggi datum vertikal dari titik kontrol atau *Benchmark* pengamatan pasut ke titik kontrol yang digunakan sebagai referensi pengukuran garis pantai. Data kerangka vertikal dihitung menggunakan metode perataan *Bowditch*.

**III.3.2. Pengolahan Data Pengukuran Garis Pantai dengan *Total Station***

Pengukuran dan pengolahan data *Total Station* untuk memperoleh titik – titik detil atau situasi pantai berupa koordinat X (Easting), Y (*Northing*) dan Z (*Elevation*). Koordinat hasil pengolahan tersebut akan direferensikan terhadap datum vertikal hasil pengolahan data pasut.

**III.3.4 Pengolahan Data Pengukuran Garis Pantai GNSS Metode RTK Radio**

Pengukuran dan pengolahan data RTK Radio untuk memperoleh titik – titik detil atau situasi pantai berupa koordinat X (Easting), Y (*Northing*) dan Z (*Elevation*)s secara *real time* menggunakan program Topcon Tools. Koordinat hasil pengolahan tersebut akan direferensikan terhadap datum vertikal hasil pengolahan data pasut.

**IV. Hasil dan Pembahasan**

**IV.1 Hasil Pengamatan GNSS Metode Statik**

Hasil pengamatan GNSS dengan metode statik berupa koordinat *Easting* (X), *Northing* (Y), *Elevation* (Z) pada *Benchmark* (BM) atau Titik Kontrol yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian pengukuran garis pantai. Pengamatan GNSS metode statik ini menggunakan data CORS sebagai referensi pengikatan untuk mendapatkan hasil data dengan kualitas baik. Adapun hasil data pengamatan GNSS metode static dapat dilihat pada **Tabel 5**.

**Tabel.5** Koordinat Hasil Pengamatan GNSS Metode Statik

No.	Nama Titik	Koordinat		
		<i>Easting</i> (X) (m)	<i>Northing</i> (Y) (m)	<i>Elevation</i> (Z) (m)
1	BM MKM	460073,230	9267798,631	28,744
2	BM LAP	460185,369	9267761,959	28,857

Dari hasil pengamatan GNSS metode statik kemudian diolah secara *postprocessing* dengan memberikan referensi data CORS BIG pada tiga stasiun yaitu stasiun CORS Semarang (CSEM), stasiun CORS Purwodadi (CPWD) dan stasiun CORS Jepara (CJEP).

Dari pengolahan data tersebut menghasilkan koordinat dua titik kontrol pengukuran atau *Benchmark* (BM) yang digunakan sebagai referensi pengukuran dalam penelitian ini, yaitu titik BM Lapangan (BM LAP) dengan koordinat *Easting* (X) sebesar 460185,369 meter, *Northing* (Y) 9267761,959 meter, *Elevation* (Z) sebesar 28,857 meter. Sedangkan titik BM Makam (BM MKM) koordinat *Easting* (X) sebesar 460073,230 meter, *Northing* (Y) 9267798,631 meter, *Elevation* (Z) sebesar 28,744 meter.

**IV.2 Hasil Pengolahan Data Pasut**

Data pasang surut merupakan data sekunder dalam penelitian ini, yaitu untuk menentukan datum vertikal local pada area penelitian. Data pasang surut diperoleh dari stasiun pasut Badan Informasi Geospasial (BIG) Jepara pada tanggal 15 Maret 2018 sampai dengan 15 Mei 2018 atau data pengamatan selama satu bulan dimana terdapat hari pada saat penelitian berlangsung. Data pasang surut tersebut diolah menggunakan program Microsoft Excel dengan perhitungan perataan *Leastsquare* untuk mencari konstanta harmonik kemudian digunakan untuk menghitung *chart datum*. Adapun hasil perhitungan *chart datum* metode *leastsquare* dapat dilihat pada **Tabel 6** berikut :

**Tabel.6** *Chart Datum*

No	Menyatakan	Simbol	Perhitungan Konstanta	Besaran
1	Higher High Water Level	HHWL	$Z_0 + (M_2+S_2+K_2+K_1+O_1+P_1)$	1.638
2	Mean High Water Level	MHWL	$Z_0 + (M_2+K_1+O_1)$	1.434
3	Mean Sea Level	MSL	$Z_0$	0.952
4	Mean Low Water Level	MLWL	$Z_0 - (M_2+K_1+O_1)$	0.469
5	Chart Datum Level	CDL	$Z_0 - (M_2+S_2+K_1+O_1)$	0.396
6	Lower Low Water Level	LLWL	$Z_0 - (M_2+S_2+K_2+K_1+O_1+P_1)$	0.265
7	Lower Astronomical Tide	LAT	$Z_0 - (\text{All Constituents})$	0.210

**IV.3 Hasil Pengolahan Data Jaring Kerangka Vertikal**

Hasil pengolahan data kerangka vertikal dari hasil pengukuran dengan metode levelling adalah berupa tinggi titik atau patok – patok yang terhubung dari stasiun pengamatan pasut sampai dengan titik kontrol atau *Benchmark* yang digunakan dalam penelitian pengukuran garis pantai.

**Tabel.7** Perhitungan Tinggi Titik

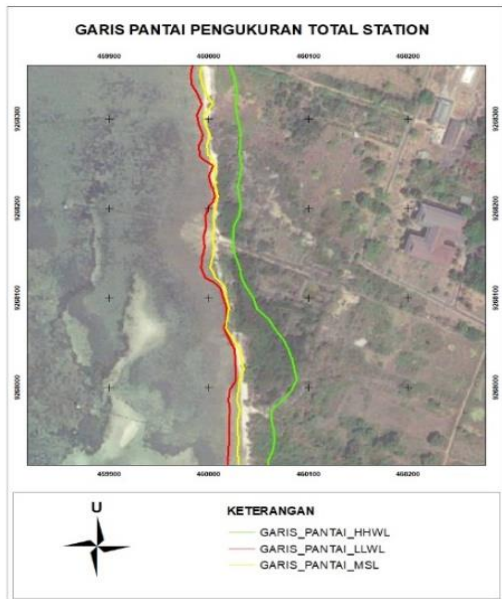
No. titik	Beda tinggi					Tinggi titik	No. titik	Jarak (m)	
Dari	Ke	Pergi	Pulang	Rata-rata	Koreksi	Definitif	160337	28.6	
BM DMC	BM UDP	-0.180	0.181	-0.181	0.000	-0.181	1.423	BM UDP	50
BM UDP	P1	-0.075	0.073	-0.074	0.000	-0.074	1.349	P1	84
P1	P2	0.168	-0.168	0.168	0.000	0.168	1.516	P2	50
P2	P3	-0.062	0.063	-0.063	0.000	-0.063	1.454	P3	50
P3	P4	-0.016	0.014	-0.015	0.000	-0.015	1.439	P4	50
P4	P5	0.169	-0.167	0.168	0.000	0.168	1.606	P5	50
P5	P6	-0.178	0.178	-0.178	0.000	-0.178	1.428	P6	50
P6	P7	0.009	-0.007	0.008	0.000	0.008	1.436	P7	62
P7	P8	0.051	-0.051	0.051	0.000	0.051	1.487	P8	50
P8	PB1	0.042	-0.042	0.042	0.000	0.042	1.528	PB1	50
PB1	P9	0.162	-0.161	0.162	0.000	0.161	1.690	P9	25
P9	PB2	-0.076	0.077	-0.077	0.000	-0.077	1.613	PB2	25
PB2	P10	-0.158	0.160	-0.159	0.000	-0.159	1.454	P10	100
P10	P11	-0.021	0.020	-0.021	0.000	-0.021	1.434	P11	25
P11	PB3	0.139	-0.138	0.139	0.000	0.138	1.572	PB3	25
PB3	P12	0.046	-0.044	0.045	0.000	0.045	1.617	P12	50
P12	P13	0.082	-0.082	0.082	0.000	0.082	1.699	P13	50
P13	P14	-0.462	0.463	-0.462	0.000	-0.462	1.236	P14	50
P14	P15	0.066	-0.064	0.065	0.000	0.065	1.301	P15	74
P15	P15.1	0.083	-0.087	0.085	0.000	0.085	1.386	P15.1	50
P15.1	P15.2	-0.223	0.223	-0.223	0.000	-0.223	1.163	P15.2	52
P15.2	BM MKM	0.178	-0.179	0.179	0.000	0.178	1.341	BM MKM	50
BM 4	PB 4	-0.179	0.179	-0.179	0.000	-0.179	1.162	PB 4	67
PB 4	BM LAP	0.355	-0.355	0.355	0.000	0.355	1.517	BM LAP	
Jumlah		0.013	-0.002	0.007	-0.007				1217.6
Toleransi (Kelas LAA)		=		3.31035	mm				
Salah penutup		=		-0.007	mm				
Jumlah jarak		=		1.2176	Km				

Hasil dari perhitungan metode *Bowditch* untuk data hasil pengukuran *levelling*, diperoleh tinggi titik control atau *Benchmark* dari titik BM MKM 1.341 meter dari MSL, dan titik BM LAP 1.517 meter dari MSL. Untuk tinggi dengan referensi datum vertikal HHMWL titik BM MKM sebesar 0.655 meter dan BM LAP 0.831 meter. Sedang tinggi berdasarkan datum LLWL BM MKM sebesar 1.744 meter dan BM LAP 1.920 meter.

**IV.4 Hasil Garis Pantai**

**IV.4.1 Hasil Garis Pantai Total Station**

Berdasarkan hasil dari pengolahan data pengukuran garis pantai metode terestris dengan *Total Station* diperoleh garis pantai dengan datum vertikal LLWL, MSL dan HHWL pada **Gambar 2**.



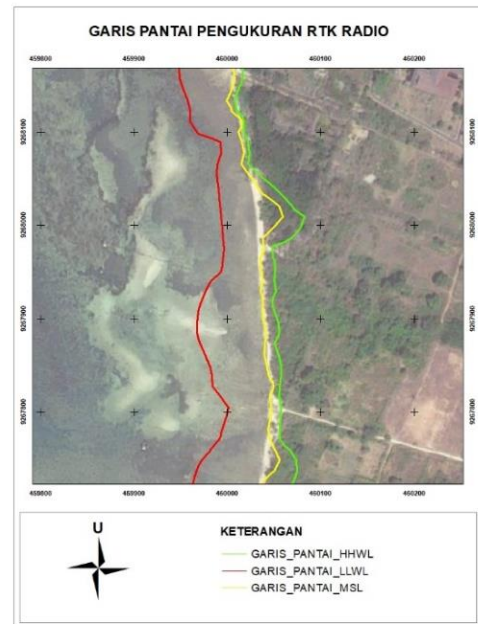
**Gambar 2.** Garis pantai hasil pengukuran terestris dengan *Total Station*

Garis pantai dihasilkan berdasar nilai interpolasi data menggunakan metode interpolasi Krigging, Nilai *Benchmark* pada pengukuran *Total Station* dengan datum LLWL adalah 1.920 m, datum MSL sebesar 1.517 m dan HHWL sebesar 0.831 m. Dengan ketiga datum tersebut terbentuk garis pantai yang berurutan dengan datum LLWL yang lebih rendah dibandingkan dengan garis pantai dengan datum MSL, serta garis pantai HHWL yang lebih tinggi posisinya dibandingkan dengan garis pantai dengan datum tinggi MSL.

Nilai *Elevation (Z)* dengan referensi datum vertikal *Mean Sea Lever (MSL)* dimana nilai terendah sebesar -1,230 meter dan nilai tertinggi 3,024 meter dari MSL. Nilai datum vertikal surut terendah *Lower Low Water Level (LLWL)* menghasilkan data ketinggian minimum sebesar -0,826 meter dibawah datum vertikal serta data tinggi maksimum sebesar 3,427 meter di atas datum. Dengan referensi *Higher High Waterlevel (HHWL)* menghasilkan data tinggi titik dengan nilai minimum -2,199 meter dibawah datum, sedangkan nilai maksimum sebesar 2,055 meter di atas datum.

**IV.4.2 Hasil Garis Pantai RTK Radio**

Berdasarkan pengolahan data pengukuran garis pantai GNSS metode RTK Radio, diperoleh garis pantai dengan referensi datum vertikal LLWL, MSL dan HHWL yang dapat dilihat pada **Gambar 3** berikut:



**Gambar 3.** Garis pantai hasil pengukuran GNSS RTK Radio

Garis pantai tersebut di atas merupakan hasil interpolasi data pengukuran dengan metode Krigging, berdasarkan datum LLWL tinggi *Benchmark* pengukuran sebesar 1,920 m, berdasarkan MSL sebesar 1,517 m dan berdasarkan datum HHWL sebesar 0.830 m. Dengan ketiga datum tersebut terbentuk garis pantai yang berurutan dengan datum LLWL yang lebih rendah dibandingkan dengan garis pantai dengan datum MSL, serta garis pantai HHWL yang lebih tinggi posisinya dibandingkan dengan garis pantai dengan datum tinggi MSL.

Nilai *Elevation (Z)* dengan referensi datum vertikal *Mean Sea Lever (MSL)* dimana nilai terendah sebesar -2,892 meter dan nilai tertinggi 3,203 meter dari MSL. Nilai datum vertikal surut terendah *Lower Low Water Level (LLWL)* menghasilkan data ketinggian minimum sebesar -1,350 meter dibawah datum vertikal serta data tinggi maksimum sebesar 6,227 meter di atas datum. Dengan referensi *Higher High Waterlevel (HHWL)* menghasilkan data tinggi titik dengan nilai minimum -1,508 meter dibawah datum, sedangkan nilai maksimum sebesar 4,854 meter di atas datum.

**IV.5 Hasil Analisis**

**IV.5.1 Hasil Uji Statistik**

Uji statistik ini digunakan untuk mengetahui adanya persamaan atau perbedaan pada hasil pengukuran masing – masing metode yang didapat. Uji ini dilakukan dengan membandingkan *variance* dari kedua metode terhadap titik – titik uji. Uji ini menggunakan uji distribusi *Fisher* atau uji F dengan menggunakan rumus (4).

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad \text{atau} \quad F = \frac{s_2^2}{s_1^2} \quad F = \frac{\text{larger sample variance}}{\text{smaller sample variance}} \dots\dots\dots(4)$$

Tabel F Distribution, (II-3)

$$F_{\alpha/2, v_1, v_2} = \frac{1}{F_{1-\alpha, v_1, v_2}} \dots\dots\dots(5)$$

Berikut hasil analisis dengan selang kepercayaan 95%, yaitu;

1. Berdasarkan koordinat (X,Y)  
Pada hasil pengukuran GNSS metode RTK Radio dan metode terestris dengan *Total Station*.

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{0.316^2}{0.511^2} = 0,618$$

$$F_{\alpha/2, v_1, v_2} = F_{0.025, 10, 10} = 3,7168$$

Hipotesis nol diterima apabila F hitung lebih kecil dari F tabel

$$F = 0.618 < F_{\alpha/2, v_1, v_2} = F_{0.025, 10, 10} = 3,7168$$

Dari uji hipotesis nol di atas menyatakan bahwa F hitung lebih kecil dari pada F tabel maka hipotesis nol diterima, berarti tidak terjadi perbedaan signifikan.

2. Berdasar nilai elevasi (Z)  
Pada hasil pengukuran GNSS metode RTK Radio dan metode terestris dengan *Total Station*.

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{0.254^2}{0.227^2} = 1.249$$

$$F_{\alpha/2, v_1, v_2} = F_{0.025, 10, 10} = 3,7168$$

Hipotesis nol diterima apabila F hitung lebih kecil dari F tabel

$$F = 1.249 < F_{\alpha/2, v_1, v_2} = F_{0.025, 10, 10} = 3,7168$$

Dari uji hipotesis nol di atas menyatakan bahwa F hitung lebih kecil dari pada F tabel maka hipotesis nol diterima, berarti tidak terjadi perbedaan signifikan.

**IV.5.2 Hasil Uji Ketelitian**

Dari tahap uji peta dengan *Circular Error* dan *Liniar Error* atau CE90 dan LE90 berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2014 dari 36 titik uji antara data hasil pengukuran garis pantai GNSS metode RTK Radio terhadap data definitif hasil pengukuran terestris metode *Total Station* menghasilkan data uji. Dari perhitungan tersebut maka diperoleh nilai CE90 dan LE90 yang dapat dilihat pada **Tabel 8.**

**Tabel.8** Nilai Akurasi Horizontal dan Vertikal

Akurasi Horizontal CE90	1.5175 x RMSE <sub>x</sub> 1.039
Akurasi Vertikal LE90	1.6499 x RMSE <sub>z</sub> 0.420

Nilai akurasi horisontal atau CE90 dari hasil pengujian diperoleh ketelitian peta dengan kepercayaan 90% sebesar 1,039 meter. Kemudian nilai akurasi vertikal atau LE90 dari hasil pengujian diperoleh ketelitian vertikal dengan kepercayaan 90% sebesar 0,420 meter. Maka data tersebut memenuhi ketelitian peta berdasarkan kelas yang telah ditetapkan dalam Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2014 seperti dalam **Tabel 9.**

**Tabel.9** Ketelitian Geometri Peta Skala 1 : 1000

Ketelitian	Hasil Uji CE90 dan LE90 (m)	Ketelitian Peta 1 : 1000		
		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horisontal	1.039	0.2	0.3	0.5
Vertikal	0.420	0.2	0.3	0.5

**Tabel.10** Ketelitian Geometri Peta skala 1 : 2500

Ketelitian	Hasil Uji CE90 dan LE90 (m)	Ketelitian Peta 1 : 2500		
		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horisontal	1.039	0.5	0.75	1.25
Vertikal	0.420	0.5	0.75	1.25

Sehingga jika dilihat dari RMSE berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) No 15 Tahun 2014 maka data pengukuran RTK Radio dalam penelitian ini dapat digunakan untuk pemetaan skala 1:2500 yaitu dengan ketentuan total RMSE untuk ketelitian horisontal CE90 sesuai Tabel 10 maka akurasi horisontal peta masuk dalam kelas 3 untuk skala 1:2500 dengan ketentuan CE90 ≤ 1.25 meter sedangkan untuk akurasi vertikal LE90 sesuai Tabel 9 maka akurasi vertikal peta masuk dalam kelas 3 untuk skala peta 1:1000 dengan ketentuan nilai LE90 ≤ 0,5 meter. Menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 15 Tahun 2014 untuk ketelitian Wilayah Darat Peta LPI ketelitian posisi (Horisontal dan Vertikal) Peta LPI untuk wilayah daratnya menyesuaikan dengan ketelitian pada peta RBI.

**IV.5.3 Hasil Perhitungan Waktu dan Estimasi Biaya**

Berikut merupakan hasil dari perhitungan dari waktu pengukuran metode terestris dengan *Total Station* dan pengukuran GNSS metode RTK Radio. Waktu yang diperlukan untuk satu sesi atau satu patok rata – rata sebesar 7 menit 47,9 detik yang dilakukan oleh dua surveyor. Dalam penelitian ini terdapat 36 sesi pengukuran, maka dapat dikatakan akan memerlukan waktu pengukuran 4 jam 40 menit. Maka apabila dibulatkan pengukuran dapat diselesaikan dalam 1 hari kerja. Rata – rata waktu yang diperlukan untuk satu sesi pengukuran oleh empat orang surveyor menggunakan *Total Station* adalah 17 menit 26,2 detik. Dalam penelitian ini terdapat 36 patok atau 36 sesi. Maka dapat dihitung sesi pengukuran menggunakan *Total Station* kurang lebih memerlukan waktu 10 jam 28 menit, atau dibulatkan menjadi 2 hari kerja.

1. Biaya peralatan GPS RTK dihitung sebesar:  
Biaya sewa = Rp 1.500.000.- x 1 Hari Kerja  
Biaya sewa = Rp 1.500.000.-  
Dapat diketahui biaya sewa GPS RTK beserta kelengkapan untuk pekerjaan pengukuran ini sebesar Rp 1.500.000.-



2. Biaya Langsung Personil Pengukuran RTK Radio

Biaya langsung personil diperoleh dari daftar *Billing Rate* Ikatan Nasional Konsultasn Indonesia (INKINDO) tahun 2018.

Dari daftar tersebut dapat dihitung biaya surveyor untuk melakukan pekerjaan pengukuran ini dengan rumus konversi biaya personil harian INKINDO. Maka dapat dihitung :

$$\text{Biaya personil} = \text{Jumlah Personil} \times \text{SBOH} \times \text{waktu pengukuran}$$

$$\text{Biaya Personil} = 2 \text{ Orang} \times \text{Rp } 391,530 \times 1 \text{ Hari}$$

$$\text{Biaya Personil} = \text{Rp } 783.060.-$$

Dari perhitungan Biaya langsung personil diperoleh nilai sebesar Rp Rp 783.060.-

Maka nilai biaya peralatan dan biaya personil menggunakan *Total Station* sebesar Rp 2,283,060.-.

3. Biaya Peralatan

Biaya peralatan *Total Station* dengan :

$$\text{Biaya sewa} = \text{Harga Sewa} \times \text{Waktu pengukuran}$$

$$\text{Biaya sewa} = \text{Rp } 250.000.- \times 2 \text{ Hari Kerja}$$

$$\text{Biaya sewa} = \text{Rp } 500.000.-$$

Dapat diketahui biaya sewa *Total Station* beserta kelengkapan untuk pekerjaan pengukuran ini sebesar Rp 500.000.-

4. Biaya Langsung Personil Pengukuran *Total Station*

Biaya langsung personil diperoleh dari daftar *Billing Rate* Ikatan Nasional Konsultasn Indonesia (INKINDO) tahun 2018.

Maka dapat dihitung biaya surveyor untuk melakukan pekerjaan pengukuran ini dengan rumus konversi biaya personil harian INKINDO :

$$\text{Biaya personil} = \text{Jumlah Personil} \times \text{SBOH} \times \text{waktu pengukuran}$$

$$\text{Biaya Personil} = 4 \text{ Orang} \times \text{Rp } 391.530 \times 2 \text{ Hari}$$

$$\text{Biaya Personil} = \text{Rp } 3.132.240.-$$

Dari perhitungan Biaya langsung personil diperoleh nilai sebesar Rp 3.132.240.-.

Maka nilai biaya peralatan dan biaya personil menggunakan *Total Station* sebesar Rp 3.632.240.-.

Dari perhitungan biaya peralatan dan biaya personil langsung harian yang mengacu pada *Billing Rate* Ikatan Nasional Konsultasn Indonesia, diperoleh biaya pengukuran dengan metode RTK Radio untuk pekerjaan atau penelitian ini sebesar Rp 2.283.060.-. Sedangkan biaya sewa peralatan dan biaya personil langsung sebesar adalah Rp 3.632.240.-.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan, analisis dan pembahasan yang telah dikemukakan pada bab – bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan penelitian sebagai berikut :

1. Efektifitas hasil pengukuran garis pantai dengan GNSS metode RTK Radio dan *Total Station* dilihat dari tiga aspek berikut ini :
  - a. Dilihat dari hasil uji statistik sampel, ketelitian horizontal dan vertikal dari dua metode ini tidak menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan. Perbandingan posisi horizontal (X,Y) dua metode rata-rata sebesar 0,468 m dengan nilai standar deviasi ( $\sigma S$ ) sebesar  $\pm 0,684$  m. Dari hasil tersebut maka pengukuran GNSS metode RTK Radio memenuhi *Circular Error 90 %* atau CE90 kelas 3 untuk skala 1:2500 dan *Linear Error 90%* atau LE90 kelas 3 untuk skala 1:1000.
  - b. Perbandingan waktu yang digunakan untuk pengukuran garis pantai dengan GNSS metode RTK Radio rata – rata memerlukan waktu sebesar 7 menit 47.9 detik untuk setiap sesi atau patok. Pengukuran metode terestris dengan *Total Station* memerlukan waktu rata – rata sebesar 17 menit 26,2 detik untuk menyelesaikan sesi yang sama dengan metode RTK Radio.
  - c. Perbandingan biaya yang dikeluarkan untuk peralatan dan surveyor (operator) dalam pengukuran penelitian ini, metode RTK Radio memerlukan biaya sebesar Rp 2.283.060.-. Untuk pengukuran metode terestris dengan *Total Station* memerlukan biaya sebesar Rp 3.632.240.-. Biaya pengukuran RTK Radio lebih murah dibandingkan dengan pengukuran terestris dengan *Total Station*. Dilihat dari perbandingan di atas , maka dapat disimpulkan bahwa pengukuran GNSS metode RTK Radio untuk pengukuran garis pantai lebih efektif dari pada pengukuran *Total Station* untuk pemetaan skala besar sampai dengan skala 1:2500.
2. Garis pantai yang dihasilkan dari pengukuran GNSS metode RTK Radio dan *Total Station* menggunakan datum referensi *Lower Low Water Level* (LLWL), *Mean Sea Level* (MSL) dan *Lower Low Waterlevel* (LLWL). Perbedaan dari hasil dari kedua metode tersebut:
  - a. Pada hasil garis pantai dengan datum referensi *Mean Sea Level* (MSL) perbedaan tinggi dengan nilai terendah -2,892 m metode RTK Radio dan -1,230 m *Total Station* di. Nilai tinggi maksimum sebesar 3,203 m metode RTK Radio dan 3,024 m *Total Station*.
  - b. Pada hasil garis pantai dengan datum referensi *Lower Low Water Level* (LLWL)

perbedaan nilai tinggi dengan nilai terendah - 0,826 m RTK Radio dan -1,350 m *Total Station* di bawah datum. Nilai tinggi maksimum metode RTK Radio sebesar 6,227 m dan *Total Station* 3,427 m.

- c. Pada hasil garis pantai datum referensi *Higher High Water Level* (HHWL) perbedaan nilai tinggi dengan nilai terendah metode RTK Radio -1,508 m dan *Total Station* sebesar -2,199 di bawah datum. Nilai tertinggi metode RTK Radio sebesar 4,854 m dan *Totas Station* sebesar 2,055 m.

Metode RTK Radio maupun metode terestris dengan *Total Station* menghasilkan garis pantai yang tidak jauh berbeda namun keduanya kontinyu dan berada di luar area pengukuran, hal ini disebabkan oleh datadetil atau situasi yang kurang menyebar di area darat.

## V.2 Saran

Dari hasil analisis, pembahasan dan uraian yang telah didapatkan dari penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu antara lain :

1. Pengukuran terestris dengan *Total Station* sebaiknya menggunakan koreksi pengukuran seperti kelembapan serta suhu dan mempunyai keandalan data yang baik.
2. Perlu adanya kajian lebih lanjut untuk perbandingan ketelitian antara GNSS metode RTK Radio dengan metode lain seperti GNSS Kinematik, GNSS *Rapid Static*, atau metode fotogrametri dengan UAV.
3. Pada penelitian ini metode pengolahan hanya menggunakan *Least Square*, untuk mendapatkan hasil dengan lebih teliti sebaiknya menggunakan metode lain sebagai pembandingan.
4. Pengukuran dilakukan menyeluruh dan merata untuk menghindari data yang kurang menyebar dan menyebabkan garis kontur yang tidak terbentuk seperti pada garis pantai penelitian ini dengan referensi pasang tertinggi.

## Daftar Pustaka

- Abidin, H.Z. (2007). Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya (Jakarta: Pradnya Paramita).
- Badan Informasi Geospasial (2011). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial.
- Ikatan Nasional Konsultan Indonesia (2018). Pedoman Standard Minimal Tahun 2018.
- Poerbandono (2005). Survei Hidrografi (Bandung: Refika Aditama).
- Sheng L., L. (2003). Application Of GPS RTK And Total Station System On Dynamic Monitoring Land Use. Dep. Land Econ. Natl. Chengchi Univ. Taiwan Repub. China.

Triatmodjo, B. (1999). Teknik Pantai (Yogyakarta: FT.UGM).

\_\_\_\_\_. <http://www.globalsurveybandung.com/p/rental.html>. Diakses pada 8 Agustus 2018.