

**ANALISIS PENGUKURAN METODE RAPID STATIC  
DENGAN SINGLE BASE DAN MULTI BASE  
(STUDI KASUS: TITIK GEOID GEOMETRI DI KOTA SEMARANG)  
Ory Andrian Apsandi<sup>\*)</sup>, Bambang Darmo Yuwono, L M Sabri**

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
Email : oryandrian158@gmail.com

**ABSTRAK**

Pengukuran GNSS pada saat ini sudah mengalami perkembangan yang pesat. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk melakukan penentuan posisi secara teliti dan cepat. Pengamatan GNSS dapat digunakan untuk melakukan pengukuran bidang tanah, gcp, dan pengukuran titik orde 1 sampai 3. Untuk memenuhi kebutuhan pengukuran posisi yang semakin berkembang, diperlukan efektifitas dalam penentuan posisi, yaitu dengan mempersingkat waktu pengamatan. Metode *rapid static* dapat dilakukan untuk menghemat waktu dan biaya dengan ketelitian yang dihasilkan mencapai milimeter. Untuk mencapai ketelitian milimeter diperlukan titik kontrol untuk melakukan proses *post-processing*. Penelitian ini adalah pengukuran GNSS metode *rapid static* dengan *single base* dan *multi base*. Pengukuran dilakukan pada 20 titik geoid dan geometri di Kota Semarang. Titik kontrol yang digunakan dalam pengukuran ini adalah GRAV11, CORS BIG Kota Semarang, dan CORS Universitas Diponegoro. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran *rapid static* 20 menit dan satu jam, serta perbandingan hasil pengolahan pada *sampling rate* satu detik, lima detik, 15 detik, dan 30 detik. Pengolahan dilakukan secara *post-processing* dengan *single base* dan *multi base*. Pengukuran *rapid static* dengan menggunakan *receiver* yang menerima sinyal dari satelit GPS dan GLONASS dengan lama pengamatan 1 jam pada panjang *baseline* 0-13,5 km dan nilai PDOP <10 menghasilkan nilai simpangan baku horizontal sebesar 0,002-0,020 meter, dan nilai simpangan baku vertikal sebesar 0,004-0,026 meter. Pengukuran *rapid static* dengan menggunakan *receiver* yang menerima sinyal dari satelit GPS dan GLONASS dengan lama pengamatan 1 jam pada *multi base* (GRAV11, CSEM, dan UDIP) menghasilkan nilai simpangan baku horizontal sebesar 0,002-0,010 meter dan nilai simpangan baku vertikal sebesar 0,003-0,017 meter. Nilai simpangan baku horizontal pada pengukuran *rapid static* 20 menit pada *multi base* sebesar 0,002-0,092 meter dan nilai simpangan baku vertikal sebesar 0,002-0,96 meter. Pengukuran *rapid static multibase* menghasilkan nilai presisi yang lebih baik dibandingkan dengan *single base*.

**Kata Kunci :** *Multi Base, Rapid Static, Single Base*

**ABSTRACT**

*GNSS measurement has progressed rapidly. There are several methods that can be used to determine the position accurately and quickly. GNSS observations can be used to measure land, gcp, and measurement points. To measure performance that is growing, it takes effectiveness in positioning, namely by shortening observation time. Rapid Static methods can be used to save time and costs with the resulting accuracy reaching millimeters. To achieve millimeter accuracy, a control point is needed to carry out the post-processing process. This research is a rapid static GNSS method with single base and multi bases. Measurements were made on 20 geoid and geometry points in Semarang City. The control points used are GRAV11, CORS BIG Semarang City, and CORS Diponegoro University. This research was conducted by comparing the results of static fast measurements of 20 minutes and one hour, and the comparison of the results of processing at a sampling rate of one second, five seconds, 15 seconds, and 30 seconds. Processing is carried out in a post-process basis with a single base and multi bases. Rapid static measurement using a receiver that receives signals from GPS satellites and GLONASS with a 1 hour observation period at baseline 0-13.5 km and PDOP value <10 produces horizontal standard deviation values of 0.002-0.020 meters, and vertical standard deviation values of 0.004-0.026 meters. Rapid static measurement using a receiver that receives signals from GPS satellites and GLONASS with 1 hour observation time on multi base (GRAV11, CSEM, and UDIP) produces horizontal standard deviation values of 0.002-0.010 meters and vertical standard deviation values of 0.003-0.017 meters. Horizontal standard deviation value in 20 minutes rapid static measurement on multi base is 0.002-0.092 meters and vertical standard deviation value is 0.002-0.96 meters. Rapid static multibase measurements produce a more precise value than a single base.*

**Keywords :** *Multi Base, Rapid Static, Single Base*

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

## I. Pendahuluan

### I.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi GNSS sudah sangat pesat, dari segi efisiensi, metode, jangkauan, maupun ketelitian. Pada awalnya metode pengamatan GNSS yang paling sering digunakan adalah metode *static* yang proses pengolahannya dilakukan secara *post processing* yaitu pengolahan hasil pengamatan GNSS yang dilakukan setelah pengamatan selesai. Survey GNSS berkembang berbagai metode pengamatan GNSS antara lain, *rapid static*, *stop and go*, *real time*, *pseudo kinematic*. Pengamatan dengan metode *static* sendiri dapat mencapai ketelitian lebih tinggi yaitu sampai orde milimeter. Waktu yang diperlukan untuk melakukan pengamatan GNSS metode *static* cenderung lama. Sedangkan saat ini pengamatan dengan metode *real time kinematic* mempunyai kemampuan penentuan posisi secara *real time* dengan ketelitian bisa mencapai orde centimeter. Pengamatan metode *real time kinematic* ini terkendala dalam sinyal yang dikirimkan oleh *base* ke *receiver* dan tergantung jarak *base* ke *receiver*. Metode *rapid static* merupakan metode pengamatan GNSS yang hampir sama dengan metode *static*, yang membedakan *rapid static* dengan metode *static* adalah lama waktu pengamatan. Pengamatan *rapid static* 5-20 menit. Dan pengolahan dilakukan secara *post processing*. Meskipun waktu pengamatan yang lebih singkat, ketelitian dalam metode *rapid static* bisa mencapai milimeter.

CORS merupakan jaring kerangka geodetik aktif berupa stasiun permanen yang dilengkapi dengan *receiver* yang dapat menerima sinyal dari satelit GNSS lainnya, yang beroperasi secara kontinyu selama dua puluh empat jam. Teknologi CORS tersebut diharapkan dapat mempermudah pekerjaan pemetaan dalam hal ini pengamatan GNSS. Pengamatan GNSS metode *rapid static* pada penelitian ini menggunakan tiga *base* yang terdiri dari dua stasiun CORS dan satu *base* yang menggunakan alat GPS geodetik. Pengolahan pengikatan CORS ke *receiver* dilakukan dengan cara *post-processing*. Dalam pengolahan data GNSS, panjang *baseline* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi ketelitian yang dihasilkan. Oleh karena itu dalam menentukan *base*, dalam hal ini CORS, maka harus memperhatikan jarak antara stasiun CORS dengan titik yang akan diukur. Pada penelitian ini, menggunakan stasiun CORS BIG Kota Semarang dan CORS Universitas Diponegoro. Penggunaan titik kontrol dengan *single base* sudah sering kali digunakan dalam pengukuran secara *post-processing*. *Single base* pada pengamatan GNSS terdapat kekurangan dan kelebihan, diantaranya dengan menggunakan *single base*, dapat menghemat biaya, tetapi apabila sinyal yang ada pada *single base* tersebut kurang baik maka akan mengurangi ketelitian. Maka, dalam penelitian ini dilakukan pengukuran dengan *multi base*. Metode *multi base* pada pengukuran *rapid static* diikatkan dengan dua sampai tiga *base station*.

Pengukuran suatu titik dibutuhkan waktu yang cepat untuk melakukan pengukuran dan dengan

ketelitian yang tinggi. Dengan pengamatan GNSS metode *rapid static* waktu pengamatan hanya dilakukan selama 10-20 menit dan ketelitian yang dihasilkan dapat mencapai orde sentimeter (Abidin, 2007). Penelitian ini, akan menganalisa pengukuran titik geoid geometri dengan menggunakan metode *rapid static* dengan *single base* dan *multi base*. Analisa perbandingan epoch serta perbandingan metode *rapid static* dengan lama pengamatan 1 jam dan *rapid static* dengan lama pengamatan 20 menit.

### I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan dari penelitian ini adalah :

1. Berapa nilai presisi yang dihasilkan dari pengukuran titik geoid geometri metode *rapid static* dengan *single base* ?
2. Berapa nilai presisi yang dihasilkan dari pengukuran titik geoid geometri metode *rapid static* dengan *multi base* ?

### I.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan nilai presisi pengukuran metode *rapid static* dengan *single base*.
2. Mendapatkan nilai presisi pengukuran metode *rapid static* dengan *multi base*.
3. Mendapatkan nilai presisi berdasarkan variasi *sampling rate* dan lama waktu pengamatan.
4. Mengetahui seberapa besar perbandingan pengukuran metode *rapid static* dengan *single base* dan *multi base* pada titik geoid geometri di Kota Semarang.

### I.4 Batasan Masalah

Untuk mencegah pembahasan yang terlalu melebar, penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut :

1. Pengukuran GNSS dengan menggunakan metode *Rapid Static* diikatkan pada stasiun CORS BIG Kota Semarang, CORS UDIP, Base GRAV11.
2. Jumlah titik geoid geometri yang diukur sebanyak 20 titik yang tersebar di Kota Semarang.
3. Lama waktu pengamatan sebesar satu jam dan 20 menit.
4. *Sampling rate* yang digunakan yaitu satu detik, lima detik, 15 detik, dan 30 detik.
5. Pengikatan *multi base* dengan *base station* UNDIP, CSEM, dan GRAV11.

### I.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian analisis pengukuran *rapid static* pada titik geoid geometri menggunakan GPS geodetik terdapat 20 titik geoid geometri yang tersebar di Kota Semarang.

Pada penelitian ini menggunakan tiga *base*, yaitu stasiun CORS BIG Kota Semarang, CORS UDIP, dan *base* GRAV11. Persebaran titik pengamatan dan titik kontrol dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Persebaran titik pengamatan dan titik kontrol

## II. Tinjauan Pustaka

### II.1 GNSS

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) merupakan sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dikembangkan oleh beberapa negara, seperti GPS (*Global Positioning System*) dari Amerika Serikat, GLONASS dari Rusia, BeiDou dari China dan GALILEO dari Eropa. Sistem ini dapat memberikan informasi mengenai posisi tiga dimensi dan ditambah dengan informasi waktu. Tidak terbatas oleh kedua hal tersebut, penggunaan teknologi GNSS dapat digunakan untuk mengetahui keadaan meteorologi (troposfer dan ionosfer), deformasi, dan banyak hal turunan lainnya.

### II.2 Metode Rapid Static

Metode penentuan posisi dengan survei statik singkat (*rapid static*) pada dasarnya adalah survei statik dengan waktu pengamatan yang lebih singkat, yaitu 5-20 menit. Prosedur operasional lapangan survei statik singkat adalah sama seperti pada survei statik, hanya selang waktu pengamatannya yang lebih singkat. Metode statik singkat sangat bertumpu pada proses penentuan ambiguitas fase secara cepat. Oleh sebab itu disamping memerlukan perangkat lunak yang andal dan canggih, metode statik singkat juga memerlukan geometri pengamatan yang baik, tingkat residu kesalahan dan bias yang relatif rendah, serta lingkungan pengamatan yang relatif tidak menimbulkan multipath. Dalam hal ini, penggunaan data dua frekuensi juga akan lebih diharapkan. Metode survei statik singkat umumnya hanya diaplikasikan untuk *baseline* yang relatif pendek (<5km). Ketelitian yang dihasilkan dari metode statik singkat ini adalah dalam orde cm samapi dengan mm (Abidin,2007).

### II.3 GNSS CORS

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) adalah suatu teknologi berbasis GNSS yang berwujud sebagai suatu jaring kerangka geodetik yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan *receiver* yang

mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan kontinu selama 24 jam perhari, 7 hari per minggu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan para pengguna (*users*) memanfaatkan data dalam penentuan posisi, baik secara *post processing* maupun secara *real time*. Untuk dapat mengakses GNSS-CORS, *receiver* harus dilengkapi dengan sambungan internet sebagai komunikasi data dari stasiun GNSS-CORS ke *receiver*. Dalam hal ini data GNSS-CORS tersedia melalui *web* dalam format RINEX (*Receiver Independent Exchange*) maupun *streaming* NTRIP.

### II.4 Penetapan Orde Titik

Kelas suatu jaring titik kontrol horizontal ditentukan berdasarkan panjang sumbu-sumbu (*semi-major axis*) dari setiap elips kesalahan relatif (antar titik) dengan tingkat kepercayaan (*confidence level*) 95% yang dihitung berdasarkan statistik yang diberikan oleh hasil hitung perataan jaringan kuadrat terkecil terkendala minimal (*minimal constrained*). Dalam hal ini panjang maksimum dari sumbu-sumbu elips kesalahan relatif 95% yang digunakan untuk menentukan kelas jaringan adalah (SNI 19-6724-2002).

### II.5 Uji Fisher

Uji *Fisher* (distribusi *Fisher*) adalah suatu analisis varians yang memungkinkan untuk mengetahui apakah dua atau lebih *mean* populasi akan bernilai sama dengan menggunakan data dari sampel masing-masing populasi. Biasanya analisis varians lebih efektif digunakan untuk menguji tiga atau lebih populasi (Wolf,1997).

#### a. *The null hypothesis, (Ho)*

Pernyataan yang membandingkan statistik populasi dengan statistik sampel. Pernyataan ini mengindikasikan apa yang diharapkan dari populasi.

#### b. *The alternative hypothesis, (Ha)*

Hipotesis yang diterima bila (*Ho*) ditolak.

#### c. *The test statistic*

Dihitung dari data sampel dan digunakan untuk menolak atau menerima hipotesis nol.

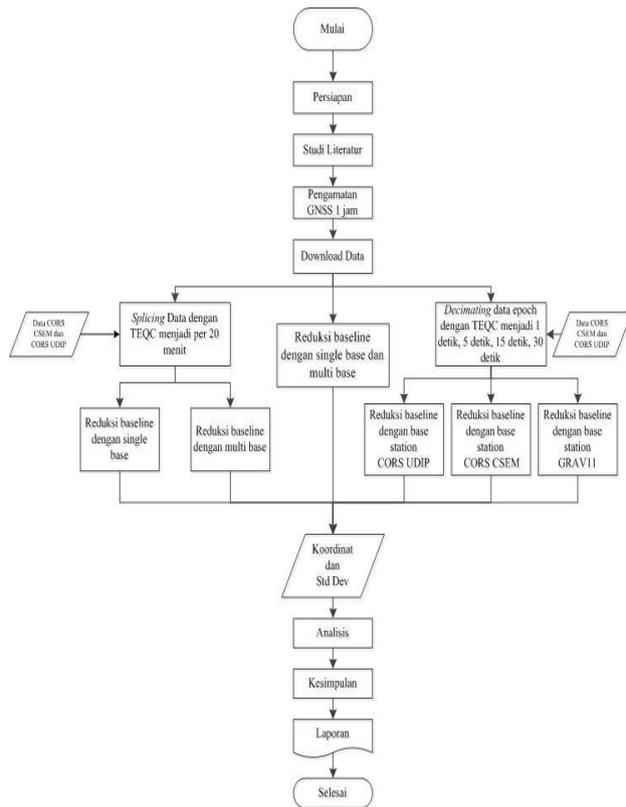
#### d. *The rejection region*

Nilai untuk uji statistik dimana *Ho* ditolak. Jika statistik hitungan lebih besar daripada nilai pada *rejection region*, hal tersebut menandakan bahwa statistik sampel dan hipotesis nol berada di luar *confidence interval*.

## III. Metodologi Penelitian

### III.1 Diagram Alir

Pengolahan dilakuakn dengan Topcon Tools. Pengolahan data untuk mendapatkan *sampling rate* 1 detik, 5 detik, 15 detik, dan 30 detik menggunakan TEQC. Secara garis besar tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

### III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : Peralatan Pengolahan Data

- a. Perangkat Keras (*Hardware*)
  - 1) Laptop ASUS A450C: COREi3, RAM 2GB, NVDIA720M
  - 2) Receiver GPS Geodetik Hiper II
  - 3) Receiver GPS Geodetik Hiper SR
- b. Perangkat Lunak (*Software*)
  - 1) Topcon Tools v.8.2.3
  - 2) TEQC
  - 3) Topcon Receiver Utility

III.2.2 Data Penelitian

- 1) CORS BIG Kota Semarang yang diperoleh dari Kantor BIG dengan doy 107, 108, dan 109.
- 2) CORS UDIP yang diperoleh dari stasiun cors Universitas Diponegoro dengan doy 107, 108, dan 109.

## IV. Hasil dan Pembahasan

### IV.1 Hasil

IV.1.1 Hasil Reduksi *Baseline* pada Titik Kontrol

Reduksi *baseline* titik kontrol dengan *base* GRAV11 dan *base* UDIP pada doy 109 dengan menggunakan *software* Topcon Tools yang dilakukan secara *post-processing*. Koordinat *base* UDIP diikatkan ke *base* CSEM. Dari pengolahan *base* UDIP, diperoleh koordinat UTM sebesar N: 9220592,05 E: 438136,367

h: 243,053. Koordinat titik kontrol GRAV11 diikatkan ke CSEM dan UDIP menggunakan *software* Topcon Tools secara *post-processing*. Dari pengolahan *base* GRAV11, diperoleh hasil koordinat UTM sebesar N: 9223165,933 E: 426521,355 h: 213,693. *Base* GRAV11, UDIP, dan CSEM dilakukan *quality control* dengan menggunakan TEQC untuk mengetahui besar *multipath*. Nilai *multipath* pada GRAV11 yaitu mp1: 0,47 mp2: 0,47. Nilai *multipath* pada UDIP yaitu mp1: 0,11 mp2: 0,12. Nilai *multipath* pada CSEM yaitu mp1: 0,57 mp2: 0,60.

IV.1.2 Hasil Reduksi *Baseline* pada Titik Pengamatan

Reduksi *baseline* dilakukan dengan *single base* dan *multi base*. *Single base* diikatkan pada titik kontrol GRAV11, UDIP, dan CSEM. *Multi base* diikatkan pada tiga titik kontrol sekaligus. Pengolahan *baseline* ini menghasilkan nilai presisi pada 20 titik. Panjang *baseline* dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Panjang *baseline* titik pengamatan ke titik kontrol

No.	Titik Pengamatan	Base Station		
		GRAV11	UDIP	CSEM
1.	GRAV09	2,924	13,154	9,303
2.	GRAV12	1,498	11,920	5,218
3.	GRAV13	2,701	12,286	4,531
4.	GRAV14	5,324	11,264	1,811
5.	GRAV15	6,345	10,117	0,249
6.	HOTPUR	8,579	10,378	2,154
7.	POMDAM	7,244	9,620	0,846
8.	SEKOLAH	10,371	11,578	4,023
9.	SMRG01	12,880	11,575	6,440
10.	STAPOM	11,528	11,381	5,095
11.	BM04XX	12,621	10,612	6,228
12.	DTK341	9,333	4,600	5,522
13.	JOHARX	11,851	9,200	5,644
14.	KKOP15	9,253	5,432	4,892
15.	KKOP16	8,563	6,160	4,008
16.	TTG446	9,576	8,144	3,622
17.	TTG447	9,492	3,692	6,276
18.	CASTRO	11,659	6,612	13,199
19.	DTK020	9,249	3,277	6,615
20.	GCP034	11,037	5,778	12,291

Rekapitulasi hasil pengolahan *baseline rapid static* satu jam diperoleh hasil *solution type* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 *Solution type rapid static satu jam*

No.	Titik Kontrol	Solution Type	
		Fixed	Float
1.	GRAV11	20	-
2.	UDIP	20	-
3.	CSEM	18	2

Rekapitulasi hasil pengolahan *baseline rapid static* satu jam diperoleh hasil *solution type* dapat dilihat pada Tabel 3.

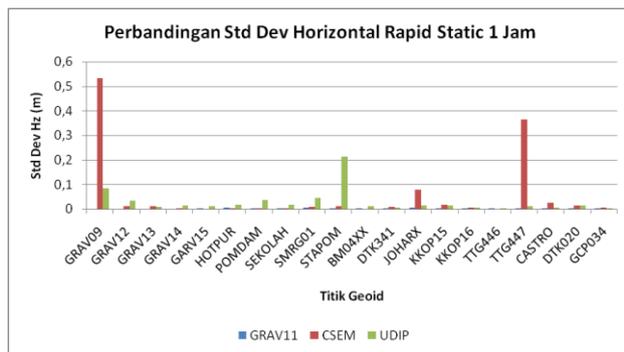
Tabel 3 *Solution type rapid static 20 menit*

No.	Titik Kontrol	Solution Type	
		Fixed	Float
1.	GRAV11	17	3
2.	UDIP	9	11
3.	CSEM	16	4

**IV.2 Analisis**

Analisis yang dilakukan yaitu pada hasil dari pengolahan yang didapatkan besaran nilai presisi horizontal dari 20 titik. Perbandingan lama waktu pengamatan satu jam dan 20 menit, perbandingan variasi epoch satu detik, lima detik, 15 detik, dan 30 detik. Perbandingan nilai presisi *single base* dan *multi base*. Perhitungan kelas pada 20 titik pengamatan.

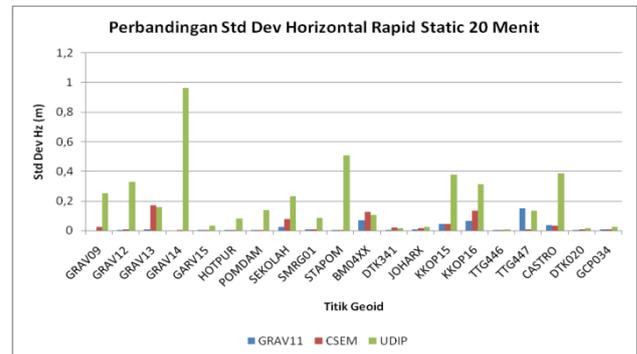
Nilai presisi horizontal paling besar yaitu 0,546 m pada titik GRAV09 dengan mengikat pada *base station* CSEM. Dari perhitungan *quality control* yang dilakukan pada titik kontrol diperoleh nilai *multipath* paling besar pada titik kontrol CSEM. Hasil nilai presisi horizontal dari pengolahan *rapid static* satu jam *single base* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Simpangan baku horizontal pada lama pengamatan 1 jam

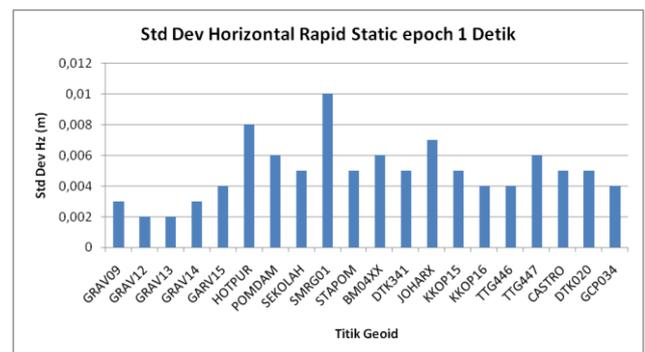
Nilai presisi horizontal dari *single base* GRAV11, UDIP, dan CSEM diperoleh nilai presisi horizontal paling besar yaitu 0,963 m pada titik STAPOM yang mengikat pada *base station* UDIP. Hasil pengolahan *rapid static* dengan lama pengamatan 20 menit, dapat dilihat *base station* yang memiliki nilai rata-rata presisi paling besar yaitu pada *base station*

UDIP. Sinyal yang dihasilkan oleh titik kontrol UDIP kurang bagus untuk pengolahan *post-processing*. Hasil nilai presisi horizontal dari pengolahan *rapid static* 20 menit *single base* dapat dilihat pada Gambar 4.



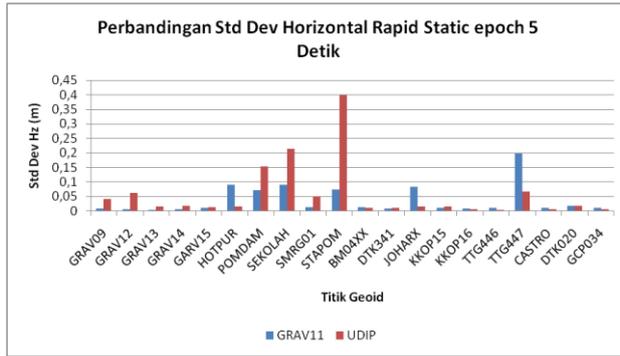
Gambar 4 Simpangan baku horizontal pada lama pengamatan 20 menit

Hasil nilai presisi horizontal dari pengolahan *rapid static* satu jam dengan nilai *sampling rate* satu detik pada titik pengamatan dan pada titik kontrol GRAV11 dan UDIP dapat dilihat pada Gambar 5. Pengolahan pengolahan *rapid static* satu jam dengan nilai *sampling rate* satu detik diikatkan pada titik kontrol GRAV11 dengan nilai presisi horizontal <0,010 m. Hasil nilai simpangan baku dapat dilihat pada Gambar 5.



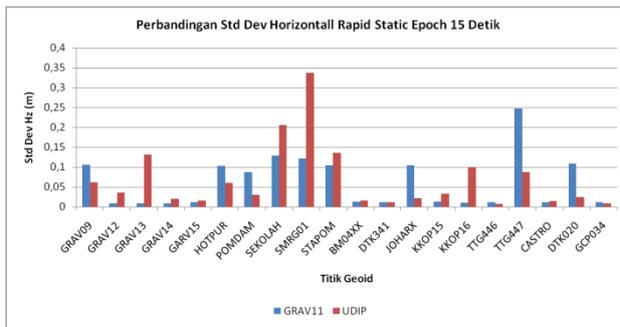
Gambar 5 Simpangan baku horizontal pada *sampling rate* 1 detik

Nilai presisi horizontal pada *sampling rate* lima detik paling besar pada titik kontrol GRAV11 yaitu 0,2 m, dan pada titik kontrol UDIP nilai presisi horizontal paling besar yaitu 0,4 m. Hasil nilai presisi horizontal dari pengolahan *rapid static* satu jam dengan nilai *sampling rate* lima detik pada titik pengamatan, titik kontrol GRAV11 dan UDIP dapat dilihat pada Gambar 6.



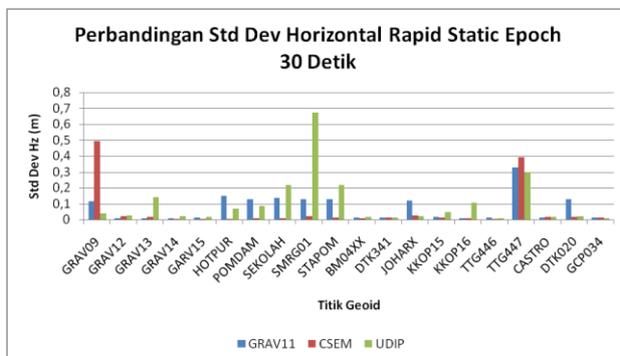
Gambar 6 Simpangan baku horizontal pada *sampling rate* 5 detik

Nilai presisi horizontal paling besar pada titik kontrol GRAV11 yaitu 0,250 m, pada titik kontrol UDIP yaitu 0,337 m. Hasil nilai presisi horizontal dari pengolahan *rapid static* satu jam dengan nilai *sampling rate* 15 detik pada titik pengamatan, titik kontrol GRAV11 dan UDIP dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Simpangan baku horizontal pada *sampling rate* 15 detik

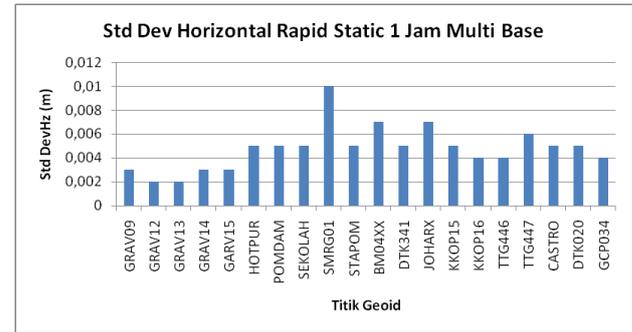
Nilai presisi horizontal paling besar pada titik kontrol GRAV11 yaitu 0,326 m, pada titik kontrol UDIP sebesar 0,672 m, dan pada titik kontrol CSEM sebesar 0,492 m. Hasil nilai presisi horizontal dari pengolahan *rapid static* satu jam dengan nilai *sampling rate* 30 detik pada titik pengamatan, titik kontrol GRAV11, UDIP, dan CSEM dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Simpangan baku horizontal pada *sampling rate* 30 detik

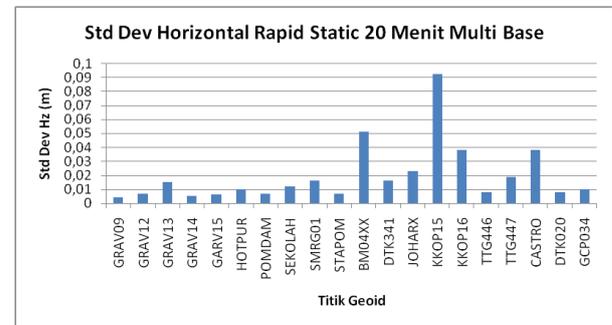
Nilai presisi horizontal dari *multi base* yaitu <0,010 m. Hasil nilai presisi horizontal dari pengolahan *rapid*

*static* satu jam dengan *multi base* GRAV11, UDIP, dan CSEM dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Simpangan baku horizontal pada lama pengamatan 1 jam *multi base*

Nilai presisi horizontal dari *multi base* yaitu <0,091 m. Hasil nilai presisi horizontal dari pengolahan *rapid static* 20 menit dengan *multi base* GRAV11, UDIP, dan CSEM dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Simpangan baku horizontal pada lama pengamatan 20 menit *multi base*

Pengolahan pengamatan GNSS metode *rapid static* mendapatkan hasil simpangan baku. Nilai simpangan baku satu dengan yang lainnya berbeda-beda. Faktor yang mempengaruhi hasil pengolahan *post-processing*, salah satunya yaitu panjang *baseline*. Nilai PDOP yang dihasilkan <10. Hubungan antara panjang *baseline* dengan nilai simpangan horizontal dan nilai simpangan baku vertikal yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hubungan variasi jarak dengan simpangan baku horizontal dan simpangan baku vertikal

No.	Variasi Panjang <i>Baseline</i>	Simpangan Baku Horizontal	Simpangan Baku Vertikal
1.	0-2,5 km	0,002-0,005 m	0,004-0,012 m
2.	2,5-5 km	0,002-0,010 m	0,005-0,016 m
3.	5-7,5 km	0,003-0,015 m	0,005-0,020 m
4.	7,5-10 km	0,005-0,017 m	0,008-0,024 m
5.	10-13,5 km	0,008-0,020 m	0,010-0,026 m

Pengolahan pengamatan GNSS metode *rapid static* mendapatkan hasil simpangan baku. Nilai simpangan baku satu dengan yang lainnya berbeda-

beda. Faktor yang mempengaruhi hasil pengolahan *post-processing*, salah satunya yaitu nilai *sampling rate*. Nilai PDOP yang dihasilkan <10. Hubungan antara nilai *sampling rate* dengan nilai simpangan horizontal dan nilai simpangan baku vertikal yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hubungan variasi *sampling rate* dengan simpangan baku horizontal dan simpangan baku vertikal

No.	Variasi <i>Sampling Rate</i>	Simpangan Baku Horizontal	Simpangan Baku Vertikal
1.	1 Detik	0,002-0,008 m	0,003-0,013 m
2.	5 Detik	0,005-0,011 m	0,008-0,016 m
3.	15 Detik	0,008-0,016 m	0,012-0,020 m
4.	30 Detik	0,010-0,022 m	0,015-0,038 m

Analisis parameter sumbu panjang ellips kesalahan relatif yang dibandingkan terhadap toleransi maksimal yang ditentukan dalam pengadaan titik kontrol orde-2. Perhitungan nilai maksimum sumbu panjang, dihitung dari *base station* GRAV11. Dari hasil perhitungan, diperoleh 20 titik yang terikat pada titik kontrol GRAV11 memenuhi nilai toleransi pada orde dua. Hasil perhitungan nilai maksimal sumbu panjang pada pengukuran titik kontrol orde 2 dengan *base station* GRAV11 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Perhitungan kelas pada titik pengamatan dengan GRAV11

Baseline	Panjang Baseline (km)	c	Elips Error (mm)	$r = c^*(d+0,02)$ mm	Keterangan
GRAV11-GRAV09	2,924	10	2	29,440	Diterima
GRAV11-GRAV12	1,498	10	1	15,176	Diterima
GRAV11-GRAV13	2,701	10	1	27,208	Diterima
GRAV11-GRAV14	5,324	10	2	53,438	Diterima
GRAV11-GRAV15	6,345	10	2	63,653	Diterima
GRAV11-HOTPUR	8,579	10	7	85,994	Diterima
GRAV11-POMDAM	7,244	10	5	72,639	Diterima
GRAV11-SEKOLAH	10,371	10	4	103,909	Diterima
GRAV11-SMRG01	12,880	10	8	129,003	Diterima
GRAV11-STAPOM	11,528	10	4	115,480	Diterima
GRAV11-BM04XX	12,621	10	4	126,414	Diterima
GRAV11-DTK341	9,333	10	4	93,529	Diterima
GRAV11-JOHARX	11,851	10	6	118,714	Diterima
GRAV11-KKOP15	9,253	10	4	92,733	Diterima
GRAV11-KKOP16	8,563	10	3	85,825	Diterima
GRAV11-TTG446	9,576	10	3	95,959	Diterima
GRAV11-TTG447	9,492	10	4	95,115	Diterima
GRAV11-CASTRO	11,659	10	4	116,791	Diterima
GRAV11-DTK020	9,249	10	4	92,692	Diterima
GRAV11-GCP034	11,037	10	3	110,572	Diterima

Analisis parameter sumbu panjang ellips kesalahan relatif yang dibandingkan terhadap toleransi maksimal yang ditentukan dalam pengadaan titik kontrol orde-2. Perhitungan nilai maksimum sumbu panjang, dihitung dari *base station* UDIP. Dari hasil perhitungan, diperoleh 18 titik yang terikat pada titik kontrol UDIP memenuhi nilai toleransi pada orde dua.

Hasil perhitungan nilai maksimal sumbu panjang pada pengukuran titik kontrol orde 2 dengan *base station* UDIP dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Perhitungan kelas pada titik pengamatan dengan UDIP

Baseline	Panjang Baseline (km)	c	Elips Error (mm)	$r = c^*(d+0,02)$ mm	Keterangan
UDIP-GRAV09	13,154	10	119	131,742	Diterima
UDIP-GRAV12	11,920	10	35	119,398	Diterima
UDIP-GRAV13	12,286	10	10	123,056	Diterima
UDIP-GRAV14	11,264	10	15	112,844	Diterima
UDIP-GARV15	10,117	10	11	101,369	Diterima
UDIP-HOTPUR	10,378	10	16	103,980	Diterima
UDIP-POMDAM	9,620	10	30	96,395	Diterima
UDIP-SEKOLAH	11,578	10	18	115,985	Diterima
UDIP-SMRG01	11,575	10	256	115,955	Ditolak
UDIP-STAPOM	11,381	10	224	114,014	Ditolak
UDIP-BM04XX	10,612	10	11	106,322	Diterima
UDIP-DTK341	4,600	10	8	46,200	Diterima
UDIP-JOHARX	9,200	10	15	92,203	Diterima
UDIP-KKOP15	5,432	10	14	54,521	Diterima
UDIP-KKOP16	6,160	10	4	61,798	Diterima
UDIP-TTG446	8,144	10	5	81,643	Diterima
UDIP-TTG447	3,692	10	11	37,115	Diterima
UDIP-CASTRO	6,612	10	6	66,322	Diterima
UDIP-DTK020	3,277	10	16	32,971	Diterima
UDIP-GCP034	5,778	10	5	57,982	Diterima

Analisis parameter sumbu panjang ellips kesalahan relatif yang dibandingkan terhadap toleransi maksimal yang ditentukan dalam pengadaan titik kontrol orde-2. Perhitungan nilai maksimum sumbu panjang, dihitung dari *base station* CSEM. Dari hasil perhitungan, diperoleh 17 titik yang terikat pada titik kontrol CSEM memenuhi nilai toleransi pada orde dua. Hasil perhitungan nilai maksimal sumbu panjang pada pengukuran titik kontrol orde 2 dengan *base station* CSEM dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Perhitungan kelas pada titik pengamatan dengan CSEM

Baseline	Panjang Baseline (km)	c	Elips Error (mm)	$r = c^*(d+0,02)$ mm	Keterangan
CSEM-GRAV09	9,303	10	231	93,225	Ditolak
CSEM-GRAV12	5,218	10	19	52,377	Diterima
CSEM-GRAV13	4,531	10	18	45,514	Diterima
CSEM-GRAV14	1,811	10	5	18,309	Diterima
CSEM-GARV15	0,249	10	2	2,695	Diterima
CSEM-HOTPUR	2,154	10	4	21,742	Diterima
CSEM-POMDAM	0,846	10	4	8,661	Diterima
CSEM-SEKOLAH	4,023	10	6	40,425	Diterima
CSEM-SMRG01	6,440	10	12	64,601	Diterima
CSEM-STAPOM	5,095	10	14	51,151	Diterima
CSEM-BM04XX	6,228	10	7	62,479	Diterima
CSEM-DTK341	5,522	10	11	55,421	Diterima
CSEM-JOHARX	5,644	10	81	56,636	Ditolak
CSEM-KKOP15	4,892	10	18	49,116	Diterima
CSEM-KKOP16	4,008	10	9	40,278	Diterima
CSEM-TTG446	3,622	10	3	36,421	Diterima
CSEM-TTG447	6,276	10	164	62,961	Ditolak
CSEM-CASTRO	13,199	10	26	132,193	Diterima
CSEM-DTK020	6,615	10	16	66,353	Diterima
CSEM-GCP034	12,291	10	8	123,115	Diterima

IV.2.1 Uji Fisher

Uji statistik F ( Distribusi Fisher) digunakan untuk mengetahui adanya persamaan atau perbedaan yang signifikan dari hasil data *base station* UDIP, *base station* GRAV11, dan hasil pengukuran GNSS metode *rapid static single base* dan *multi base*. Uji ini dilakukan dengan membandingkan *variance* dari koordinat (X,Y). Uji statistik yang digunakan untuk menentukan penolakan dari hipotesis 0 (Ho) dengan menggunakan rumus berikut:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \text{ or } F = \frac{S_2^2}{S_1^2} \text{ } F = \frac{\text{larger sample variance}}{\text{smaller sample variance}} \dots\dots(4.1)$$

Dan tabel distribusi F pada rumus:

$$F_{\alpha/2,vi,v2} = \frac{1}{F^{1-\alpha,v2,v1}} \dots\dots\dots(4.2)$$

Berikut hasil analisis dengan selang kepercayaan 95%, yaitu:

1. Perbandingan pengukuran *base station* GRAV11 dan UDIP

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{0,0078^2}{0,0064^2} = 1,219$$

$$F_{\alpha/2,vi,v2} = F_{0,025,20,20} = 2,423$$

Keterangan :

- S<sub>1</sub> = Simpangan baku titik kontrol UDIP
  - S<sub>2</sub> = Simpangan baku titik kontrol GRAV11
- Hipotesis 0 ditolak jika F hitung lebih besar daripada F tabel

Dari uji hipotesis 0 (H0) di atas menyatakan bahwa F hitung lebih kecil daripada F tabel, maka hipotesis 0 diterima, berarti tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara titik kontrol UDIP dan GRAV11.

2. Perbandingan pengukuran *rapid static* 1 jam *single base* GRAV11 dengan *multi base*

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{0,0049^2}{0,0047^2} = 1,040$$

$$F_{\alpha/2,vi,v2} = F_{0,025,20,20} = 2,423$$

Keterangan :

- S<sub>1</sub> = Simpangan baku *rapid static* 1 jam *base station* GRAV11
  - S<sub>2</sub> = Simpangan baku *multi base*
- Hipotesis 0 ditolak jika F hitung lebih besar daripada F tabel

Dari uji hipotesis 0 (H0) di atas menyatakan bahwa F hitung lebih kecil daripada F tabel, maka hipotesis 0 diterima, berarti tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara *single base* GRAV11 dan *multi base*.

3. Perbandingan pengukuran *rapid static* 1 jam *single base* CSEM dengan *multi base*

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{0,0606^2}{0,0047^2} = 12,780$$

$$F_{\alpha/2,vi,v2} = F_{0,025,20,20} = 2,423$$

Keterangan :

- S<sub>1</sub> = Simpangan baku *rapid static* 1 jam *base station* CSEM
- S<sub>2</sub> = Simpangan baku *multi base*

Hipotesis 0 ditolak jika F hitung lebih besar daripada F tabel

Dari uji hipotesis 0 (H0) di atas menyatakan bahwa F hitung lebih besar daripada F tabel, maka hipotesis 0 ditolak, berarti terjadi perbedaan yang signifikan antara *single base* CSEM dan *multi base*.

4. Perbandingan pengukuran *rapid static* 1 jam *single base* UDIP dengan *multi base*

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{0,0407^2}{0,0047^2} = 8,586$$

$$F_{\alpha/2,vi,v2} = F_{0,025,20,20} = 2,423$$

Keterangan :

- S<sub>1</sub> = Simpangan baku *rapid static* 1 jam *base station* UDIP
- S<sub>2</sub> = Simpangan baku *multi base*

Hipotesis 0 ditolak jika F hitung lebih besar daripada F tabel

Dari uji hipotesis 0 (H0) di atas menyatakan bahwa F hitung lebih besar daripada F tabel, maka hipotesis 0 ditolak, berarti terjadi perbedaan yang signifikan antara *single base* UDIP dan *multi base*.

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

Hasil pembahasan dan analisis yang telah dikemukakan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Pengukuran *rapid static* dengan menggunakan *receiver* yang menerima sinyal dari satelit GPS dan GLONASS dengan lama pengamatan 1 jam pada panjang *baseline* 0-13,5 km dan nilai PDOP <10 menghasilkan nilai simpangan baku horizontal sebesar 0,002-0,020 meter, dan nilai simpangan baku vertikal sebesar 0,004-0,026 meter.
2. Pengukuran *rapid static* dengan menggunakan *receiver* yang menerima sinyal dari satelit GPS dan GLONASS dengan lama pengamatan 1 jam pada *multi base* (GRAV11, CSEM, dan UDIP) menghasilkan nilai simpangan baku horizontal sebesar 0,002-0,010 meter dan nilai simpangan baku vertikal sebesar 0,003-0,017 meter. Nilai simpangan baku horizontal pada pengukuran *rapid static* 20 menit pada *multi base* sebesar 0,002-0,092 meter dan nilai simpangan baku vertikal sebesar 0,002-0,96 meter. Pengukuran *rapid static multibase* menghasilkan nilai presisi yang lebih baik dibandingkan dengan *single base*.

## V.2 Saran

Hasil pembahasan dan analisis yang telah didapatkan dari penelitian ini, ada beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Pengamatan GNSS dengan metode *post-processing* sebaiknya menggunakan *base station* dengan kualitas sinyal yang baik.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh panjang *baseline* terhadap lama waktu pengamatan.
3. Pengamatan GNSS yang dilakukan sebaiknya pada doy yang sama agar memiliki besaran geometri satelit yang sama.
4. Pada pengolahan data sebaiknya menggunakan *software* yang mempunyai ketelitian yang tinggi.
5. Pengecekan alat yang digunakan sangat penting dilakukan sehingga dalam proses pengamatan dapat berjalan lancar.

## Daftar Pustaka

- Abidin, Hasanuddin Z. 2007. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. PT. Pradnya Paramita: Jakarta.
- Badan Standar Nasional. 2002. *Standar Nasional Indonesia Jaring Kontrol Horizontal*. BIG. Bogor.
- Ramadhony, Armenda B. 2017. *Analisis Pengukuran Bidang Tanah Dengan menggunakan GPS Pemetaan*. Skripsi Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Rasyid, Rizki W. 2016. *Analisa Pengukuran Bidang Tanah Dengan Menggunakan GNSS Metode RTK-NTRIP Pada Stasiun CORS Undip, Stasiun CORS BPN Kabupaten Semarang, Dan Cors BIG Kota Semarang*. Skripsi Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Wolf, P. and Ghilani, C. 1997. *Adjustment Computations: Statistic and Least Squares in Surveying and GIS* 3<sup>rd</sup> Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.