

ANALISIS PENGARUH *MULTIPATH* DARI TOPOGRAFI TERHADAP PRESISI PENGUKURAN GNSS DENGAN METODE STATIK

Indira Nori Kurniawan^{*)}, Bambang Darmo Yuwono, L.M Sabri

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : norikurniawan@yahoo.co.id

ABSTRAK

Topografi dengan kondisi curam pasti memiliki tebing di sekitar daerah tersebut. Faktor topografi yang memiliki karakter daerah bertebing memungkinkan akan muncul adanya gangguan *multipath* yang akan mempengaruhi kualitas dan ketelitian data hasil pengukuran topografi menggunakan GNSS. Pengukuran GNSS pada sekitar daerah bertebing rentan dengan adanya efek *multipath* yang ada dalam data hasil pengukuran. *Multipath* sendiri merupakan fenomena dimana sinyal dari satelit tiba di antena GNSS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda, tentunya faktor ini akan mengurangi keakuratan dari hasil pengukuran. Teknologi *receiver* GNSS milik Topcon memiliki pengaturan alat *anti multipath* dan mengasumsikan dapat mengurangi efek *multipath* yang ada. Penelitian ini melakukan analisis pengaruh *multipath* dari topografi terhadap presisi pengukuran GNSS sesi 1 menggunakan pengaturan alat menyalakan *anti multipath* serta pengukuran GNSS sesi 2 mematikan *anti multipath* metode statik dengan *base station* CORS UDIP. Tingkat presisi posisi horizontal (X,Y) dari pengukuran topografi dengan survei GNSS metode statik pada daerah sekitarnya bertebing yang diikatkan pada stasiun CORS UDIP pada titik observasi dan titik simulasi pengukuran sesi 1 dan pengukuran sesi 2 dengan pengamatan 1 jam. Presisi horizontal pada pengukuran sesi 1 pengamatan 1 jam diperoleh nilai rata-rata 0,00146 m sedangkan presisi horizontal pada pengukuran sesi 2 pengamatan 1 jam diperoleh nilai rata-rata 0,00172 m. Presisi horizontal pada pengukuran sesi 1 pengamatan 1 jam titik simulasi diperoleh nilai rata-rata 0,00357 m sedangkan presisi horizontal pada pengukuran sesi 2 pengamatan 1 jam titik simulasi diperoleh nilai rata-rata 0,00444 m. Data diatas dilakukan pengujian statistik data dengan uji *Fisher* untuk mengetahui tingkat presisi diantara pengukuran sesi 1 dan sesi 2, karena uji *Fisher* diterima maka dapat disimpulkan tidak dapat perbedaan presisi horizontal yang signifikan antara pengukuran sesi 1 dan pengukuran sesi 2 baik titik observasi ataupun titik simulasi.

Kata Kunci : Metode Statik, *Multipath* dan Topografi

ABSTRACT

A steep topography must be followed with a cliff around them. Topographic factor which has cliff area make it possible for a multipath interference which will affect the quality and accuracy of topographic measurement data using GNSS. GNSS measurement on a cliff area is vulnerable to multipath interference in the measurement data result. Multipath is a phenomenon which a signal arrived from the satellite to GPS antenna through two or more different track, this factor will decrease the accuracy from the measurement result. Topcon GNSS receiver technology has an anti multipath device and assuming able to decrease the multipath effect. This research analyse the effect of multipath from the topography on the precision of GNSS measurement session 1 turning on the anti multipath device setting and GNSS measurement session 2 turning off the anti multipath, both session is using static method with CORS UNDIP as the base station. Horizontal position (X,Y) precision result from the topographic measurement using GNSS survey static method on cliff area which is tied on UDIP CORS station on observation point and simulation point on session 1 and session 2 measurement with the observation duration for 1 hour. Average horizontal precision value during session 1 measurement for 1 hour long observation is 0,00146 m while average horizontal precision value during session 2 measurement for 1 hour long observation is 0,00172 m. Average horizontal precision value on session 1 measurement for 1 hour long on simulation point is 0,00357 m , while average horizontal precision value on session 2 measurement for 1 hour long observation is 0,00444 m. From the data obtained, statistic data testing is done using Fisher test to find out the precision level between session 1 and session 2 observation. Because the result from fisher test is accepted so it is safe to assume that there is no significant difference on horizontal precision between session 1 and session 2 measurement on observation point and simulation point.

Keywords : Multipath, Static Method, Topography

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Kebutuhan pengukuran untuk penentuan posisi sudah sangat diperlukan. Mengingat di era sekarang ini pembangunan – pembangunan di Indonesia baik infrastruktur maupun yang lain sedang gencar – gencarnya. Salah satu teknologi pemetaan yang mulai dikembangkan di Indonesia untuk penentuan posisi yaitu pengukuran GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Banyak dari instansi pemerintah maupun swasta yang mengembangkan teknologi ini untuk kebutuhan rekayasa dan penelitian yang berkaitan dengan penentuan posisi. Pengamatan GNSS dengan seiring pesatnya perkembangan teknologi dalam bidang pemetaan, pengukuran suatu titik untuk penentuan posisi dengan menggunakan GNSS tipe geodetik, seringkali menggunakan CORS (*Continuously Operating Reference Stations*) sebagai titik referensi pengukuran.

Topografi merupakan keragaman bentuk dari permukaan bumi yang terbentuk karena adanya tenaga endogen dan eksogen. Topografi dengan kondisi curam pasti memiliki tebing di sekitar daerah tersebut. Faktor topografi yang memiliki karakter daerah bertebing memungkinkan akan muncul adanya gangguan *multipath* yang akan mempengaruhi kualitas dan ketelitian data hasil pengukuran topografi menggunakan GNSS (Basuki, 2006).

Pengukuran GNSS pada sekitar daerah bertebing rentan dengan adanya efek *multipath* yang ada dalam data hasil pengukuran. *Multipath* merupakan fenomena dimana sinyal dari satelit tiba di antena GNSS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda, tentunya faktor ini akan mengurangi keakuratan dari hasil pengukuran. Teknologi *receiver* GNSS milik Topcon memiliki pengaturan alat *anti multipath* dan mengasumsikan dapat mengurangi efek *multipath* yang ada.

Penelitian ini melakukan analisis pengaruh *multipath* dari topografi terhadap presisi pengukuran GNSS menggunakan pengaturan alat menyalakan *anti multipath* serta mematikan *anti multipath* metode statik dengan *base station* CORS UDIP.

I.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijabarkan diatas, maka permasalahan yang di dapat sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh *multipath* dari topografi terhadap presisi horizontal pengukuran GNSS metode statik yang diikatkan pada stasiun CORS UDIP ?
2. Bagaimana pengaruh pengaturan *anti multipath* terhadap presisi horizontal pengukuran GNSS metode statik ?
3. Bagaimana pengaruh penghilangan satelit yang terindikasi mengalami *multipath* terhadap presisi horizontal pengukuran GNSS metode statik ?

I.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh *multipath* dari topografi terhadap presisi horizontal pengukuran GNSS metode statik yang diikatkan pada stasiun CORS UDIP.
2. Mengetahui pengaruh pengaturan *anti multipath* terhadap presisi horizontal pengukuran GNSS metode statik.
3. Mengetahui pengaruh penghilangan satelit yang terindikasi mengalami *multipath* terhadap presisi horizontal pengukuran GNSS metode statik.

I.4. Batasan Penelitian

Batasan pada penelitian ini diantaranya :

1. Pengukuran dilakukan di kawasan Bukit Diponegoro.
2. Pengukuran situasi sekitar titik dengan alat Total Station.
3. Pengukuran GNSS dilakukan dengan metode statik yang diikatkan pada stasiun CORS UDIP.
4. Jumlah titik yang diukur sebanyak 4 titik yang tersebar di wilayah Bukit Diponegoro dengan kondisi daerah sekitar titik terdapat tebing.
5. Pengukuran GNSS metode statik dilakukan selama 1 jam tiap sesi pengukuran.
6. Pengukuran dilakukan dengan 2 sesi pengukuran, sesi pertama dengan pengaturan alat menghidupkan fungsi *anti multipath* dan sesi kedua tidak menghidupkan atau mematikan fungsi *anti multipath*.
7. Pengecekan data dilakukan dengan *software* TEQC untuk mengetahui kualitas data serta nilai *multipath* yang ada di tiap titik.
8. Pengolahan data terestris hasil pengukuran topografi menggunakan Total Station menggunakan *software* Arcgis.
9. Pengolahan data *post processing* hasil dari pengamatan GNSS menggunakan *software* Topcon Tools.
10. Uji statistik dengan menggunakan uji F (Distribusi Fisher).

I.5. Wilayah Penelitian

Lokasi pengukuran pada penelitian ini terletak di wilayah Bukit Diponegoro. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan GNSS geodetik metode statik pada 4 titik dengan karakter bertebing di sekitar titik. Penelitian ini menggunakan *base station* CORS UDIP.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Topografi

Topografi merupakan keragaman bentuk dari permukaan bumi yang terbentuk karena adanya tenaga endogen dan eksogen (Basuki, 2006). Suatu topografi memiliki kemiringan dan karakteristik yang berbeda-beda. Kemiringan topografi atau lereng tersebut terbentuk akibat proses erosi, gerakan tanah, pelapukan dan lain sebagainya. Sedangkan

karakteristik topografi juga berbeda beda pada setiap daerahnya, ada daerah dengan karakteristik datar, landai, curam dan sangat curam. Topografi dengan kondisi curam pasti memiliki tebing di sekitar daerah tersebut. Faktor topografi yang memiliki karakter daerah bertebing memungkinkan akan muncul adanya gangguan multipath yang akan mempengaruhi kualitas dan ketelitian data hasil pengukuran topografi menggunakan GNSS.

Topografi dalam pengertian lain merupakan studi tentang bentuk permukaan bumi dan objek lain seperti planet, satelit alami (bulan dan sebagainya), dan asteroid. Dalam pengertian yang lebih luas, topografi tidak hanya mengenai bentuk permukaan saja, tetapi juga vegetasi dan pengaruh manusia terhadap lingkungan, dan bahkan kebudayaan lokal.

II.2. GNSS

GNSS atau *Global Navigation Satellite System* merupakan sebuah alat atau suatu sistem navigasi dan penentuan posisi yang memanfaatkan satelit dan dapat digunakan untuk menginformasikan penggunaanya dimana dia berada (secara global) di permukaan bumi yang berbasis satelit. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia kepada banyak orang secara simultan tanpa bergantung pada waktu dan cuaca (Abidin, 2001).

GNSS memiliki 4 jenis satelit yang telah dan akan beroperasi secara penuh pada beberapa tahun kedepan, yaitu:

- 1) GPS – *Global Positioning System* (Amerika)
- 2) GLONASS – *Global Navigation Satellite System* (Russia)
- 3) Beidou (Kompas – China)
- 4) Galileo (Uni Eropa)

GPS singkatan *Global Positioning System*, sistem satelit navigasi pertama, paling lengkap, terus diperbaharui dan milik Amerika, digunakan di semua perangkat navigasi sebagai signal utama. Awalnya dirancang untuk militer dan terakhir dibuka untuk publik sejak akhir 2000. Versi komersil memiliki tingkat presisi sampai centimeter (Muis, 2012).

GLONASS dikembangkan oleh Rusia, baru dibuka untuk publik 2007 dan sudah bekerja penuh tahun 2011. Total 31 satelit navigasi, tapi beroperasi penuh saat ini hanya 24 satelit. Rusia menyelesaikan semua konstelasi satelit navigasi GLONASS pada Desember 2012. Sekarang sinyal navigasi GLONASS digunakan untuk sinyal pendamping atau pembantu dari sinyal GPS. GLONASS menggunakan datum koordinat bernama PZ-90, di mana lokasi yang tepat dari Kutub Utara diberikan sebagai rata-rata posisinya 1900-1905. Hal ini berbeda dengan datum koordinat GPS, WGS 84, yang menggunakan lokasi Kutub Utara pada tahun 1984. Pada tanggal 17 September 2007, datum PZ-90 telah diperbarui yang berbeda dari WGS 84 kurang dari 40 cm (16 in) dalam arah tertentu (Muis, 2012).

II.3. Pengukuran GNSS Metode Statik

Penentuan posisi secara statik (*static positioning*) adalah penentuan posisi dari titik-titik yang statik (diam). Penentuan posisi tersebut dapat dilakukan secara absolut maupun diferensial, dengan menggunakan data *pseudorange* dan/atau fase. Dibandingkan dengan metode penentuan posisi kinematik, ukuran lebih pada suatu titik pengamatan yang diperoleh dengan metode statik biasanya lebih banyak. Hal ini menyebabkan keandalan dan ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif paling tinggi (dapat mencapai orde mm sampai cm). Salah satu bentuk implementasi dari metode penentuan posisi statik yang populer adalah survei GNSS untuk penentuan koordinat dari titik-titik kontrol untuk keperluan pemetaan ataupun pemantauan fenomena deformasi dan geodinamika (Abidin, 2007).

Survei dengan GNSS, pemrosesan data GNSS untuk menentukan koordinat dari titik-titik dalam jaringan umumnya akan mencakup tiga tahapan utama perhitungan, yaitu:

1. Pengolahan data dari setiap *baseline* dalam jaringan.
2. Perataan jaringan yang melibatkan semua *baseline* untuk menentukan koordinat dari titik-titik dalam jaringan.
3. Transformasi koordinat titik-titik tersebut dari datum WGS84 ke datum yang diperlukan oleh pengguna.

II.4 Multipath

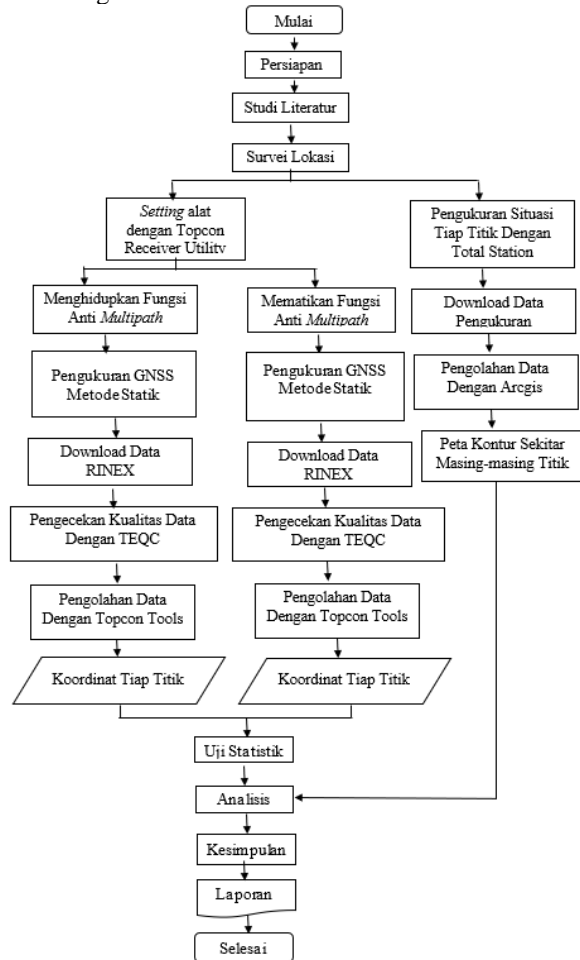
Multipath adalah fenomena dimana sinyal dari satelit tiba di antena GNSS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda, dalam hal ini satu sinyal merupakan sinyal langsung dari satelit ke antena, sedangkan yang lainnya merupakan sinyal-sinyal tidak langsung yang dipantulkan oleh benda-benda di sekitar antena sebelum tiba di antenna. Beberapa benda yang bisa memantulkan sinyal GNSS antara lain adalah jalan raya, gedung, danau, dan kendaraan. Bidang-bidang pantulan dapat berupa bidang horizontal, vertikal, maupun bidang miring. Perbedaan panjang lintasan menyebabkan sinyal-sinyal tersebut berinterferensi ketika tiba di antena yang pada akhirnya menyebabkan kesalahan pada hasil pengamatan. Kesalahan akibat *multipath* akan menghasilkan ukuran jarak yang kurang teliti. *Multipath* akan mempengaruhi hasil ukuran *pseudorange* dan *carrier wave* (Abidin, 2007).

Multipath terjadi bila posisi antena penerima pada posisi terbuka pada permukaan refleksi yang sangat besar seperti danau atau bangunan. Sinyal satelit tidak berjalan langsung ke antena namun membentur dahulu obyek yang ada didekatnya dan direfleksikan ke dalam antena yang menyebabkan kesalahan pengukuran. *Multipath* dapat dikurangi dengan menggunakan antena GNSS khusus yang menyertakan *ground plane* (lingkaran piringan metalik) dengan diameter sekitar 50 cm, untuk mencegah terjadinya penurunan sinyal yang mencapai antena.

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
 - a. Laptop ASUS ROG GL552VX
 - b. Receiver GNSS Topcon Hiper Gb dan Hiper SR.
 - c. Total Station Nikon Nivo 2.C
 - d. Jalon
 - e. Reflektor
 - f. Tripod
 - g. Pita Ukur
 - h. OS Windows 10
 - i. Software Topcon Receiver Utility
 - j. Microsoft Office 2016
 - k. Software Topcon Tools
 - l. Software TEQC
 - m. Software Arcgis
2. Data penelitian
 - a. Data 2 sesi pengukuran GNSS metode statik yang diperoleh pada tanggal 4 Juni 2018 pada DOY 155 selama 1 jam untuk tiap titik di tiap sesi.

- b. Data CORS UDIP pada tanggal 4 Juni 2018 pada DOY 155 selama 1 hari (24 jam).
- c. Data ketinggian atau kontur di setiap titik yang diukur menggunakan alat Total Station.

III.3. Tahap Pengolahan Data

III.3.1. Pengecekan Kualitas Data

Tahap dari pengecekan kualitas data, dimana software yang digunakan yaitu software TEQC. Pengecekan kualitas data ini akan dihasilkan nilai MP1 dan MP2 dimana nilai tersebut merupakan nilai multipath yang ada pada setiap data pengukuran sebelumnya. Nilai multipath akan digunakan sebagai bahan analisis dari kualitas data yang dihasilkan dalam penelitian ini. Pengecekan kualitas data dilakukan dengan memasukkan script ke dalam software TEQC pada Gambar 2.

```
& teqc +qc inputfile
```

Gambar 2. Script Pengecekan Kualitas Data

Script yang sudah dimasukkan beserta data ke software TEQC, selanjutnya akan dihasilkan informasi kualitas data dari software TEQC tersebut. Informasi yang dihasilkan adalah seperti pada Gambar 3.

```
Time of start of window : 2018 Jun 4 01:50:50.000
Time of end of window : 2018 Jun 4 03:01:10.000
Time line window length : 70.33 minute(s), ticked every 30.0 minute(s)
Observation interval : 10.0000 seconds
Total satellites w/ obs : 11
NAIPSR OBS SVs w/o OBS : 2 4 5 6 7 10 12 13 15 16 17 19
20 21 24 25 26 28 29 30 32
Rx tracking capability : unknown
Fixes: # of obs epochs : 423
Epochs w/ observations : 423
Epochs repeated : 0 (0.00%)
Complete observations : 4274
Deleted observations : 15
Obs w/ SV duplication : 0 (within non-repeated epochs)
Moving average MP12 : 0.474855 m
Moving average MP21 : 0.444395 m
Points in MP moving avg : 50
Mean s1 : 45.48 (sd=3.51 n=4289)
Mean s2 : 34.64 (sd=5.10 n=4274)
No. of Rx clock offsets : 0
Total Rx clock drift : 0.000000 ms
Rate of Rx clock drift : 0.000 ms/hr
Avg time between resets : Inf minute(s)
Freq no. and timecode : 2 14029 00000e
Report gap > than : 10.00 minute(s)
but < than : 90.00 minute(s)
epochs w/ msec clk slip : 0
other msec mp events : 0 (: 0) (expect ~ = 1:50)
IOD signifying a slip : >400.0 cm/minute
IOD slips : 0
IOD or MP slips : 0
first epoch last epoch hrs dt #expt #have % mp1 mp2
SUM 18 6 4 01:50 18 6 4 03:01 1.175 10 - 4274 - 0.47 0.44
4274

Processing parameters are:
Receiver tracking capability : unknown
Maximum ionospheric rate (I1) : 400.00 cm/min
Report data gap greater than : 10.00 min
but less than : 90.00 min
Expected rms of MP12 multipath : 65.00 cm
Expected rms of MP21 multipath : 65.00 cm
Multipath slip sigma threshold : 4.00 sigma
% increase in MP rms for G/A 1 A/S : 100.00 %
Points in MP moving averages : 50
Minimum signal to noise for L1 : 4
```

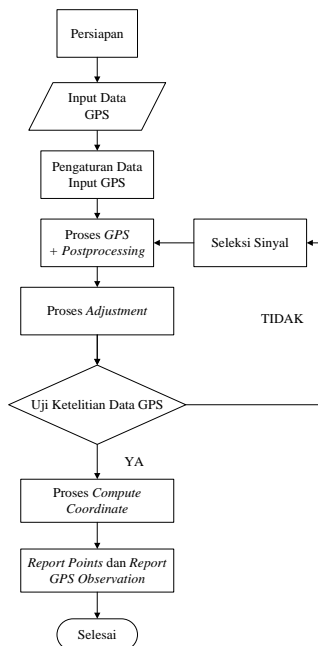
Gambar 3. Nilai Multipath

Kotak warna merah pada Gambar 3 diatas yang diberi merupakan nilai MP1 dan MP2 yang merupakan nilai multipath yang ada pada titik pengamatan. Hasil cek kualitas data tersebut dapat diketahui kualitas data hasil pengukuran yang dihasilkan.

III.3.2. Pengolahan Data GNSS

Pengolahan data GNSS untuk mendapatkan koordinat pada setiap titik pengukuran menjadi kajian dalam penelitian ini. Pengolahan data GNSS dilakukan menggunakan software Topcon Tools pada 4 titik di wilayah Bukit Diponegoro. Waktu pengamatan yang dilakukan pada tanggal 4 Juni 2018 tepatnya pada DOY 155. CORS referensi yang digunakan sebagai titik ikat yaitu CORS UDIP karena titik ikat CORS UDIP memiliki jarak yang cukup dekat dengan area studi sehingga diharapkan faktor-faktor yang mempengaruhi juga sama. Tahapan atau langkah-

langkah pengolahan data GNSS dengan *software* Topcon Tools disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Pengolahan Data GNSS

III.4. Analisis Data

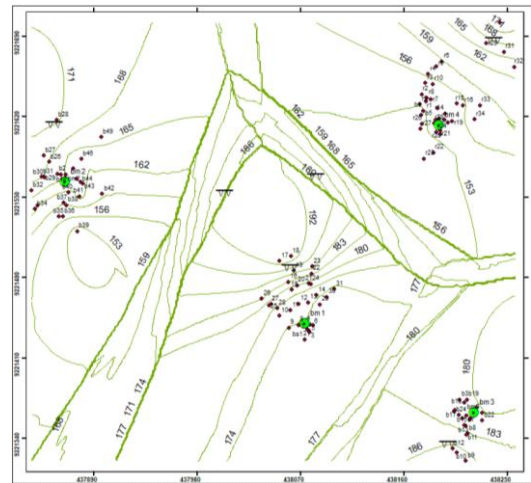
Tahap analisis ini ditambahkan 4 titik simulasi dengan menghapus atau menghilangkan satelit di dua kuadran serta memotong data lama pengamatan 1 jam menjadi 20 menit, sehingga total data ada 16 data dengan rincian yaitu 4 titik observasi dengan pengamatan 1 jam, 4 titik observasi dengan pengamatan 20 menit, 4 titik simulasi dengan pengamatan 1 jam, 4 titik simulasi dengan pengamatan 20 menit. Setelah semua data diolah dan didapatkan nilai kualitas data serta koordinat tiap titiknya, selanjutnya dilakukan analisis pada seluruh data yang telah diolah sebelumnya.

IV. Hasil dan Pembahasan

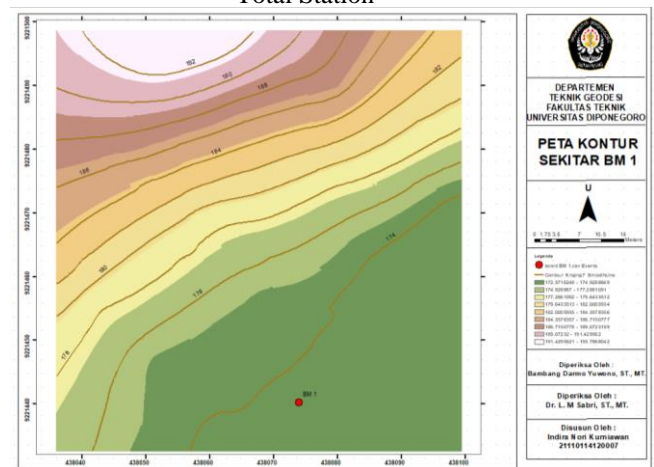
IV.1. Hasil dan Pembahasan Peta Kontur dari Pengukuran Total Station

Hasil pengukuran terestris menggunakan alat Total Station berupa titik koordinat (X, Y, Z) sebanyak 118 titik *detail* yang tersebar disekitar titik-titik pengamatan yang digunakan untuk pengukuran GNSS. Data ini adalah data yang diolah sehingga dihasilkan peta kontur di sekitar masing-masing titik pengamatan.

Data koordinat hasil pengukuran Total Station diolah menggunakan *software* Arcgis yang kemudian dihasilkan peta kontur di sekitar masing-masing titik yang digunakan pengukuran GNSS. Peta kontur ini digunakan untuk mengetahui keadaan topografi di sekitar titik sehingga akan diketahui daerah topografi mana saja yang memungkinkan memantulkan sinyal satelit ataupun memunculkan *multipath*. Berikut merupakan hasil sebaran titik dan peta kontur yang telah diolah dengan *software* Arcgis pada Gambar 5. dan Gambar 6.



Gambar 5. Sebaran Titik Pengukuran dengan Total Station



Gambar 6. Peta Kontur Sekitar Titik Pengamatan BM 1

IV.2. Hasil dan Pembahasan Nilai Multipath

Data pengukuran GNSS yang telah dilakukan sebanyak 2 sesi untuk masing-masing 4 titik observasi dan 4 titik simulasi, selanjutnya dimasukkan ke dalam *software* TEQC untuk di cek kualitas data serta mendapatkan untuk nilai *multipath* dari masing-masing titik di tiap sesinya. Pengecekan kualitas data dengan *software* TEQC pada seluruh parameter hasil pengecekan data pengamatan memenuhi kriteria apabila efek *multipath* MP1 dan MP2 kurang dari 0,5 m. Nilai rata-rata MP1 dan MP2 pengukuran sesi 1 dan sesi 2 dengan pengamatan 1 jam dan 20 menit disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Rata-rata Multipath

Nama	MP1 (m)		MP2 (m)	
	Sesi 1	Sesi 2	Sesi 1	Sesi 2
O 1 Jam	0,37125	0,34960	0,35762	0,32157
S 1 Jam	0,35515	0,29068	0,33357	0,26290
O 20 Menit	0,35922	0,33116	0,34298	0,30161
S 20 Menit	0,35396	0,28419	0,33435	0,24693

Keterangan : O = Observasi, S = Simulasi

Data pengukuran GNSS yang telah dilakukan sebanyak 2 sesi untuk masing-masing 4 titik observasi dan 4 titik simulasi dengan lama pengamatan 1 jam dan juga 20 menit selanjutnya dimasukkan ke dalam *software* TEQC untuk di cek kualitas data serta mendapatkan untuk nilai *multipath* dari masing-masing titik di tiap sesinya. Pengecekan kualitas data dengan *software* TEQC pada seluruh parameter hasil pengecekan data pengamatan memenuhi kriteria apabila efek *multipath* MP1 dan MP2 kurang dari 0,5 m. Dilihat rata-rata masing-masing nilai *multipath* dari Tabel 1. tidak terdapat nilai *multipath* yang lebih dari 0,5 sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh data memiliki kualitas yang baik.

Tabel 1 menunjukkan nilai efek *multipath* yang ada di setiap titik pengamatan, baik pada pengukuran sesi 1 ataupun pengukuran di sesi 2, dimana pengukuran sesi 1 dengan pengaturan alat menyalakan fungsi *anti multipath* dan pengukuran sesi 2 dengan pengaturan alat mematikan fungsi *anti multipath*. Nilai *multipath* atau *moving average* pada rata-rata MP1 terbesar ada pada data pengukuran observasi sesi 1 dengan lama pengamatan 1 jam dengan nilai 0,37125 m, sedangkan terdapat nilai MP1 terkecil yaitu dengan nilai rata-rata 0,28419 m. Nilai rata-rata MP2 terbesar dengan nilai 0,35762 m dan nilai rata-rata MP2 terkecil dengan nilai 0,24693 m. Dilihat dari keseluruhan data nilai *multipath*, nilai *multipath* rata-rata pada pengukuran sesi 2 lebih baik dari nilai *multipath* rata-rata pada pengukuran sesi 1.

IV.3. Hasil dan Pembahasan Nilai Error Ellips Absolut

Pengolahan pada *software* Topcon Tools menghasilkan nilai *error ellips* absolut tiap titik observasi serta nilai *error ellips* absolut untuk titik-titik simulasi pada pengamatan 1 jam serta pengamatan 20 menit pada pengukuran sesi 1 dan sesi 2. Nilai tersebut sebagai pertimbangan juga untuk mengetahui kualitas data yang dihasilkan dalam pengukuran yang telah dilakukan. Rata-rata nilai *error ellips* absolut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Nilai Error Ellips

Nama	Sesi 1		Sesi 2	
	Mayor (m)	Minor (m)	Mayor (m)	Minor (m)
O 1 Jam	0,001	0,001	0,001	0,001
S 1 Jam	0,003	0,002	0,004	0,002
O 20 Menit	0,002	0,002	0,003	0,002
S 20 Menit	0,005	0,005	0,002	0,002

Keterangan : O = Observasi, S = Simulasi

Hasil pengolahan data dihasilkan bahwa dalam satu desain jaring semakin banyak *loop* dan juga *baseline* dalam satu desain jaring akan menghasilkan nilai kekuatan jaring yang semakin kecil juga. Nilai kekuatan jaring yang kecil juga menghasilkan nilai *ellips error* absolut yang kecil pula. Dilihat pada Tabel

2. yang memiliki kekuatan jaring paling buruk yaitu dengan pengukuran GNSS sesi 1 titik simulasi dengan pengamatan 20 menit dengan nilai rata-rata *ellips error* 0,005 m, sedangkan yang memiliki kekuatan jaring paling baik yaitu dengan pengukuran GNSS sesi 1 dan 2 titik observasi dengan pengamatan 1 jam dengan nilai rata-rata *ellips error* 0,001 m.

IV.4. Hasil dan Pembahasan Pengecekan Kualitas Geometri Satelit (Nilai DOP)

Kualitas dari geometri satelit dapat ditunjukkan dengan melihat besar kecilnya nilai DOP (*Dillution of Precision*) dari data RINEX observasi pengamatannya. Nilai DOP yang kecil menunjukkan nilai geometri satelit yang kuat dan baik, sedangkan nilai DOP yang besar menunjukkan nilai geometri satelit yang lemah dan buruk. Berikut merupakan hasil pengecekan rata-rata nilai DOP tiap *baseline* baik titik observasi maupun simulasi dengan lama pengamatan 1 jam dan 20 menit untuk pengukuran sesi 1 dan pengukuran sesi 2 pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata Nilai DOP

Nama	Sesi 1			Sesi 2		
	PDOP	HDOP	VDOP	PDOP	HDOP	VDOP
O 1 Jam	2,300	1,008	2,068	1,937	1,086	1,604
S 1 Jam	4,971	2,997	3,916	4,521	2,197	3,944
O 20 Menit	2,697	1,097	2,463	2,334	1,320	1,925
S 20 Menit	6,230	2,997	5,430	5,107	2,177	4,617

Keterangan : O = Observasi, S = Simulasi

Kualitas dari geometri satelit dapat ditunjukkan dengan melihat besar kecilnya nilai DOP (*Dillution of Precision*) dari data RINEX observasi pengamatannya. Nilai DOP yang kecil menunjukkan nilai geometri satelit yang kuat dan baik, sedangkan nilai DOP yang besar menunjukkan nilai geometri satelit yang lemah dan buruk. Dikenal beberapa jenis DOP antara lain (Abidin, 2001) :

- GDOP = *Geometrical* DOP (posisi 3D dan waktu),
- PDOP = *Positional* DOP (posisi 3D),
- HDOP = *Horizontal* DOP (posisi horizontal),
- VDOP = *Vertical* DOP (posisi vertikal),
- TDOP = *Time* DOP (waktu).

Kriteria nilai DOP hasil pengecekan geometri satelit antara lain dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria Nilai DOP (Langley, 1999)

DOP Value	Ratings
1	<i>Ideal</i>
2-4	<i>Excellent</i>
4-6	<i>Good</i>
6-8	<i>Moderate</i>
8-20	<i>Fair</i>
20-50	<i>Poor</i>

Tabel 3 merupakan nilai rata-rata DOP tiap *baseline* yang dihasilkan dari pengukuran GNSS sesi 1 dan pengukuran GNSS sesi 2 baik data observasi ataupun data simulasi serta dengan lama pengamatan 1 jam dan juga 20 menit. Rata-rata untuk masing-masing nilai DOP pada data yang ada yaitu rata-rata PDOP terbesar yaitu sebesar 6,230, rata-rata HDOP terbesar yaitu sebesar 2,997 dan rata-rata VDOP terbesar yaitu sebesar 5,430. Rata-rata untuk masing-masing nilai DOP pada data yang ada yaitu rata-rata PDOP terkecil senilai 1,937, rata-rata HDOP terkecil senilai 1,086 dan rata-rata VDOP terkecil senilai 1,604. Titik simulasi dengan pengamatan 20 menit memiliki beberapa nilai DOP yang tidak terhitung karena pada simulasi titik dengan pengamatan 20 menit tepatnya pada BM 3 dan BM 4 satelit yang didapat hanya 3 satelit sehingga perhitungan tidak dapat dilakukan karena kurangnya jumlah satelit untuk minimum pengolahan.

Hasil rata-rata nilai DOP di setiap *baseline* untuk masing-masing sesi pengukuran secara keseluruhan jika dihubungkan dengan kriteria nilai DOP pada Tabel 4 maka jika dilihat dari nilai PDOP terbesar yaitu masuk dalam kategori *moderate*. Oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa keseluruhan nilai DOP data pengamatan menunjukkan geometri satelit yang sangat baik pada titik-titik observasi dan kualitas sedang pada data titik-titik simulasi. Namun untuk perbandingan nilai DOP setiap *baseline* sesi 1 dengan nilai DOP setiap *baseline* sesi 2 dilihat dari nilai rata-ratanya maka dapat disimpulkan bahwa nilai DOP pengukuran GNSS sesi 2 yang lebih baik dari segi kualitas geometri satelitnya baik pada titik-titik observasi ataupun titik-titik simulasi.

IV.5. Hasil dan Pembahasan Koordinat dari Pengolahan dengan Software Topcon Tools

Data RINEX yang telah di cek kualitas datanya di *software* TEQC kemudian diolah menggunakan *software* Topcon Tools untuk menghasilkan koordinat tiap titik pengamatan. Pada pengolahan ini *base station* yang digunakan yaitu CORS UDIP. Hasil pengolahan data GNSS metode statik berupa titik koordinat (X,Y,Z) sebanyak 4 titik observasi dan 4 titik simulasi untuk setiap sesi pengukuran dengan lama pengamatan 1 jam dan 20 menit yang diperoleh dengan cara pengolahan *post processing* menggunakan *software* Topcon Tools yang diikatkan pada stasiun CORS UDIP. Tabel 5 dan Tabel 6 menyajikan hasil koordinat dari pengolahan *software* Topcon Tools.

Tabel 5. Koordinat UTM Pengukuran Sesi 1

Titik	Koordinat sesi 1			Ket
	X (m)	Y (m)	Z (m)	
BM 1	438075,928	9221447,829	199,757	1 Jam
BM 2	437860,927	9221566,567	177,877	1 Jam
BM 3	438219,343	9221365,416	193,519	1 Jam
BM 4	438191,769	9221616,868	177,050	1 Jam

Titik	Koordinat sesi 1			Ket
	X (m)	Y (m)	Z (m)	
BM 1	438075,933	9221447,832	199,824	20 Menit
BM 2	437860,933	9221566,570	177,957	20 Menit
BM 3	438219,349	9221365,418	193,576	20 Menit
BM 4	438191,773	9221616,868	177,104	20 Menit
BM 1 S	438075,935	9221447,826	199,803	1 Jam
BM 2 S	437860,933	9221566,566	177,934	1 Jam
BM 3 S	438219,346	9221365,415	193,556	1 Jam
BM 4 S	438191,768	9221616,867	177,088	1 Jam
BM 1 S	438075,938	9221447,825	199,796	20 Menit
BM 2 S	437860,934	9221566,569	177,932	20 Menit
BM 3 S	-	-	-	20 Menit
BM 4 S	-	-	-	20 Menit

Keterangan : S = Simulasi

Tabel 6. Koordinat UTM Pengukuran Sesi 2

Titik	Koordinat sesi 2			Ket
	X (m)	Y (m)	Z (m)	
BM 1	438075,926	9221447,833	199,800	1 Jam
BM 2	437860,925	9221566,572	177,924	1 Jam
BM 3	438219,340	9221365,420	193,558	1 Jam
BM 4	438191,764	9221616,868	177,083	1 Jam
BM 1	438075,926	9221447,833	199,800	20 Menit
BM 2	437860,925	9221566,572	177,924	20 Menit
BM 3	438219,340	9221365,420	193,558	20 Menit
BM 4	438191,764	9221616,868	177,083	20 Menit
BM 1 S	438075,935	9221447,828	199,788	1 Jam
BM 2 S	437860,933	9221566,568	177,913	1 Jam
BM 3 S	438219,350	9221365,413	193,542	1 Jam
BM 4 S	438191,768	9221616,866	177,076	1 Jam
BM 1 S	438075,934	9221447,830	199,840	20 Menit
BM 2 S	437860,937	9221566,571	177,964	20 Menit
BM 3 S	438219,355	9221365,414	193,603	20 Menit
BM 4 S	438191,774	9221616,866	177,127	20 Menit

Tabel 7. Selisih Koordinat Kedua Sesi Pengukuran

Titik	X (m)	Y (m)	Z (m)	Ket
BM 1	0,004	0,003	0,004	1 Jam
BM 2	0,005	0	0,019	1 Jam
BM 3	0,001	0,003	0,013	1 Jam
BM 4	0,003	0,005	0,014	1 Jam
BM 1	0	0,002	0,015	20 Menit
BM 2	0	0,002	0,021	20 Menit
BM 3	0,004	0,002	0,014	20 Menit
BM 4	0	0,001	0,012	20 Menit
BM 1 S	0,007	0,001	0,024	1 Jam
BM 2 S	0,008	0,002	0,033	1 Jam
BM 3 S	0,009	0,002	0,018	1 Jam
BM 4 S	0,009	0	0,021	1 Jam
BM 1 S	0,004	0,005	0,044	20 Menit
BM 2 S	0,003	0,002	0,032	20 Menit
BM 3 S	-	-	-	20 Menit
BM 4 S	-	-	-	20 Menit

Keterangan : S = Simulasi

Selisih nilai X terbesar ada pada BM 3 titik simulasi dan BM 4 titik simulasi dengan nilai 0,009 m. Selisih nilai Y terbesar yaitu pada BM 4 titik observasi dan BM 1 titik simulasi dengan nilai 0,005 m. Selisih nilai Z terbesar ada pada BM 1 titik simulasi dengan selisih 0,044 m, namun titik simulasi dengan pengamatan 20 menit memiliki beberapa nilai koordinat yang tidak terhitung karena pada simulasi titik dengan pengamatan 20 menit tepatnya pada BM 3 dan BM 4 satelit yang didapat hanya 3 satelit sehingga perhitungan tidak dapat dilakukan karena kurangnya jumlah satelit untuk minimum pengolahan.

IV.6. Hasil dan Pembahasan Standar Deviasi Tiap Sesi Pengukuran

Standar deviasi merupakan besaran perbedaan dari nilai sampel terhadap rata-rata. Semakin kecil nilai standar deviasi maka semakin mendekati nilai rata-rata dan juga sebaliknya. Nilai standar deviasi di setiap titik observasi serta simulasi tiap titik dengan pengamatan 1 jam dan juga 20 menit, dimana dilakukan pengukuran GNSS di Kawasan Bukit Diponegoro yang diolah di *software* Topcon Tools serta selisih standar deviasi untuk mengetahui perbandingan presisi posisi horizontal dari pengukuran GNSS sesi 1 dan pengukuran GNSS sesi 2 titik pengamatan observasi dan juga titik simulasi. Nilai standar deviasi didapatkan dari pengolahan dalam *software* Topcon Tools, namun titik simulasi dengan pengamatan 20 menit memiliki beberapa nilai koordinat yang tidak terhitung karena pada simulasi titik dengan pengamatan 20 menit tepatnya pada BM 3 dan BM 4 satelit yang didapat hanya 3 satelit sehingga perhitungan tidak dapat dilakukan karena kurangnya

jumlah satelit untuk minimum pengolahan. Nilai standar deviasi beserta selisih perbandingan komponen horizontal titik observasi dan titik simulasi pada pengamatan 1 jam dan 20 menit pada Tabel 8.

Tabel 8. Standar Deviasi dan Selisih Pengamatan

Titik	St Dev n Sesi 1 (m)	St Dev n Sesi 2 (m)	ΔSt Dev n (m)	St Dev e Sesi 1 (m)	St Dev e Sesi 2 (m)	ΔSt Dev e (m)	Ket
BM 1	0,00099	0,00102	0,00003	0,00123	0,00133	0,00010	1 Jam
BM 2	0,00088	0,00106	0,00018	0,00108	0,00136	0,00028	1 Jam
BM 3	0,00092	0,00102	0,00010	0,00112	0,00136	0,00024	1 Jam
BM 4	0,00091	0,00106	0,00015	0,00111	0,00140	0,00029	1 Jam
BM 1 (S)	0,00194	0,00247	0,00053	0,00281	0,00376	0,00095	1 Jam
BM 2 (S)	0,00183	0,00224	0,00041	0,00279	0,00348	0,00069	1 Jam
BM 3 (S)	0,00206	0,00234	0,00028	0,00306	0,00388	0,00082	1 Jam
BM 4 (S)	0,00212	0,00287	0,00075	0,00319	0,00359	0,00040	1 Jam

1 Jam

Keterangan : S = Simulasi

Tabel 9. Standar Deviasi dan Selisih Pengamatan

Titik	St Dev n Sesi 1 (m)	St Dev n Sesi 2 (m)	ΔSt Dev n (m)	St Dev e Sesi 1 (m)	St Dev e Sesi 2 (m)	ΔSt Dev e (m)	Ket
BM 1	0,00162	0,00247	0,00085	0,00217	0,00333	0,00120	20 Menit
BM 2	0,00169	0,00249	0,00080	0,00222	0,00336	0,00114	20 Menit
BM 3	0,00172	0,00246	0,00074	0,00226	0,00332	0,00106	20 Menit
BM 4	0,00168	0,00249	0,00081	0,00221	0,00335	0,00114	20 Menit
BM 1 (S)	0,00466	0,00159	0,00307	0,00520	0,00249	0,00271	20 Menit
BM 2 (S)	0,00427	0,00158	0,00269	0,00524	0,00236	0,00288	20 Menit
BM 3 (S)	-	0,00164	-	-	0,00265	-	20 Menit
BM 4 (S)	-	0,00191	-	-	0,00247	-	20 Menit

20 Menit

Keterangan : S = Simulasi

Tabel 8 dan Tabel 9 menunjukkan standar deviasi hasil pengolahan dengan Topcon Tools untuk pengukuran GNSS sesi 1 dan pengukuran GNSS sesi 2. Nilai standar deviasi untuk presisi posisi horizontal hasil pengukuran GNSS sesi 1 lebih baik dibandingkan dengan pengukuran GNSS sesi 2 begitu juga dengan titik simulasi yang ada pengukuran sesi 1 memiliki nilai standar deviasi lebih baik dari titik simulasi pengukuran sesi 2 kecuali pada simulasi titik sesi 1 pada pengamatan 20 menit karena tidak didapat nilai standar deviasi untuk sebagian titiknya yaitu BM 2 dan BM 3 karena kurangnya satelit pengamat untuk dilanjutkan ke pengolahan data. Dapat disimpulkan bahwa, baik titik observasi maupun titik simulasi pengukuran GNSS sesi 1 menghasilkan presisi posisi horizontal yang lebih baik dibandingkan dengan pengukuran GNSS sesi 2.

IV.6. Hasil dan Pembahasan Uji Statistik dengan Uji Fisher (Uji F)

Tabel 10. Nilai Presisi Horizontal Titik Observasi Dan Titik Simulasi Dari Kedua Sesi Pengukuran Pada Pengamatan 1 Jam

Titik	Sesi 1	Sesi 2
	Hz Precision (m)	Hz Precision (m)
BM 1	0,00158	0,00168
BM 2	0,00139	0,00172
BM 3	0,00144	0,00170
BM 4	0,00144	0,00176
BM 1 (S)	0,00341	0,00449
BM 2 (S)	0,00334	0,00413
BM 3 (S)	0,00369	0,00454
BM 4 (S)	0,00383	0,00459
Rata-rata	0,00251	0,00307

Keterangan : S = Simulasi
 Hasil pengolahan data pengukuran GNSS sesi 1 dan pengukuran GNSS sesi 2
 Sesi 1 S1 = 0.00251 v = 8
 Sesi 2 S2 = 0.00307 v = 8

Taraf Uji : $\alpha = 0.05$

$$F_{hitung} = \frac{S1^2}{S2^2} = \frac{0.00251^2}{0.00307^2} = 0.668394281$$

$$F_{tabel (batas bawah)} = F_{0.95,8,8} = 0.290858219$$

$$F_{tabel (batas atas)} = F_{0.05,8,8} = 3.438101233$$

Jadi,

$$F_{tabel(batas bawah)} < F_{hitung} < F_{tabel(batas atas)}$$

$$0.290858219 < 0.668394281 < 3.438101233$$

Uji statistik data pengukuran menggunakan distribusi *fisher* dapat disimpulkan bahwa hipotesis nol dengan selang kepercayaan 95% diterima. Hipotesis diterima karena nilai F hitung masuk di dalam batas bawah dan batas atas pada F tabel. Kesimpulan yang didapat yaitu bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan nilai presisi horizontal baik titik observasi dan juga titik simulasi antara pengukuran GNSS sesi 1 dan pengukuran GNSS sesi 2. Pengamatan 20 menit tidak dilakukan uji *Fisher* karena pada pengukuran simulasi titik sesi 1 terdapat 2 titik yang tidak dapat menghasilkan nilai presisi horizontal serta koordinat yaitu titik BM 3 dan BM 4 karena kurangnya satelit untuk memenuhi minimal parameter satelit untuk proses pengolahan data.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini adalah :

1. *Multipath* dari topografi tidak mempengaruhi presisi horizontal pengukuran GNSS untuk pengukuran dengan *baseline* rentang 2 km – 3 km dibuktikan dari hasil uji *Fisher* tidak adanya

perbedaan yang signifikan dari presisi horizontal pengukuran di sesi 1 maupun pengukuran di sesi 2 baik pada titik observasi ataupun simulasi.

2. Pengaturan *anti multipath* pada pengukuran tidak mempengaruhi presisi horizontal pengukuran GNSS untuk *baseline* rentang 2 km – 3 km dibuktikan dari hasil uji *Fisher* tidak adanya perbedaan yang signifikan dari presisi horizontal pengukuran pada sesi 1 maupun pengukuran pada sesi 2.
3. Penghilangan satelit pada data pengukuran tidak mempengaruhi presisi horizontal pengukuran GNSS untuk *baseline* rentang 2 km – 3 km dibuktikan dari hasil uji *Fisher* tidak adanya perbedaan yang signifikan dari presisi horizontal pengukuran titik observasi dan juga titik simulasi.

V.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan dari penelitian ini adalah :

1. Perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai efek *multipath* dan pengaruhnya terhadap ketelitian pengukuran.
2. Perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai analisis *multipath* untuk pengukuran *baseline* dengan rentang yang jauh.
3. Perlunya perencanaan penentuan tempat yang tepat dengan menggunakan *mission plan* terlebih dahulu agar terdapat nilai *multipath* di lokasi pengukuran.

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z. 2001. *Geodesi Satelit*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.

Abidin, H.Z. 2007. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.

Basuki, Slamet. 2006. *Ilmu Ukur Tanah*. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta.

Gunawan, Desvandri. 2016. *Analisis Pengolahan Data GPS Menggunakan Perangkat Lunak RTKLIB*. Skripsi Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.

Langley, R.B.,1999. *Dillation of Precision, GPS World*, 10 (5), 52-59.

Muis, Saludin. 2012. *Global Positioning System (GPS)*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Rasyid, Rizki Widya. 2016. *Analisis 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.

TEQC Tutorial. 2014

Wolf, P. and Ghilani, C. 1997. *Adjustment Computations : Statistic and Least Squares in Surveying and GIS 3rd Edition*. John Wiley & Sons, Inc. New York.