



Uji Ketelitian Data GNSS dengan Metode NTRIP terhadap Variasi Multipath di Lingkungan Universitas Negeri Semarang

Fajar Dian Mukti*, Fahrudin Hanafi

Jurusan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Article Info

Keywords

GNSS, Multipath, NTRIP

Abstrak

Pengukuran menggunakan GNSS sudah mulai dikembangkan di Indonesia. Multipath berpengaruh kepada hasil data yang dihasilkan dari pantulan sinyal dari satelit ke antena GNSS akan terganggu akibat adanya variasi multipath. Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengetahui kualitas data horizontal GNSS dengan kondisi multipath di kawasan UNNES. (2) Mengetahui tingkat ketelitian pengukuran GNSS metode NTRIP terhadap pengukuran terestris metode poligon terbuka terkoreksi sempurna dengan total station. Populasi keadaan variasi multipath meliputi bangunan dan vegetasi di lingkungan kampus UNNES. Sampel yang akan digunakan 37 titik (STA) Control Point dan 2 Benchmark. Pada hasil penelitian diketahui (1) Kualitas data dengan status fixed dapat diperoleh jika masking area yang digunakan 0° - 10° dengan variasi multipath rerata 47,91% untuk vegetasi, 25% untuk bangunan, dan 27,08% area terbuka. Dan data berstatus float dengan variasi multipath rerata 37,80% untuk vegetasi, 37,80% untuk bangunan, dan 24,40% area terbuka. (2) Ketelitian yang dihasilkan yaitu cukup bagus untuk metode fixed dan float, Regresi linier yang dihasilkan status autonomous membuat persebaran data koordinat X menjadi tidak normal dan koordinat Y menyebar normal. Saran dari penelitian ini adalah untuk mengontrol kualitas data dari hasil pengukuran GNSS metode NTRIP dapat dikombinasikan dengan hasil dari pengukuran Total Station metode poligon tertutup. Dan penelitian selanjutnya dapat menggunakan kombinasi antara jaring kontrol horizontal dan jaring kontrol vertikal untuk mengetahui ketinggian dan kontur yang lebih akurat.

Abstract

Measurement using GNSS has begun to be developed in Indonesia. Multipath affects the results of data generated from the reflection of signals from satellites to GNSS antennas will be disturbed due to multipath variations. This study aims to (1) Determine the quality of GNSS horizontal data with multipath conditions in the UNNES area. (2) Knowing the level of accuracy of the NTRIP method GNSS measurement against the terrestrial measurement of the open polygon method is perfectly corrected by the total station. The population of multipath variations includes buildings and vegetation in the UNNES campus environment. The sample to be used is 37 (STA) Control Point and 2 Benchmarks. In the results of the study, it is known that (1) The quality of data with fixed status can be obtained if the masking area used is 0° - 10° with an average multipath variation of 47.91% for vegetation, 25% for buildings, and 27.08% for open areas. And the data is float status with an average multipath variation of 37.80% for vegetation, 37.80% for buildings, and 24.40% for open areas. (2) The resulting precision is good enough for fixed and float methods, The linear regression generated by the autonomous state makes the distribution of X coordinate data abnormal and the Y coordinate spreads normally. Suggestions regarding the results from this study is to control the data quality of the GNSS measurement results of the NTRIP method can be combined with the results of the Total Station measurement of the closed polygon method. And subsequent research can use the combination of horizontal control net and vertical control net to find out the height and contour more accurately.

* Address: Jl. Gemah Raya II / 42, Gemah, Kota Semarang
 E-mail: fajardianmukti@students.unnes.ac.id

PENDAHULUAN

Pengukuran topografi biasanya dibagi menjadi dua hal, yaitu pengukuran terestris dan pengukuran ekstraterestris. Pengukuran terestris adalah pengukuran yang melakukan kontak fisik dengan permukaan bumi kepada objek yang diukur atau dipetakan (BIG, 2017). Pengukuran ekstraterestris adalah penentuan posisi titik-titik pemetaan dan pengukuran terhadap lokasi atau obyek angkasa berupa bintang, bulan atau benda buatan manusia yaitu satelit (Syarifudin, 2020). Pengukuran topografi menghasilkan data berupa koordinat X, Y dan Z. Koordinat tersebut dapat diperoleh dari pengukuran terestris dan ekstraterestris. Pengukuran terestris bisa menggunakan alat Total Station, Theodolit untuk mendapatkan data X, Y dan Z. Sedangkan pada ekstraterestris bisa menggunakan GNSS untuk mendapatkan data yang sama (Hafiz et al., 2014) is one of the factors restricting to produce a map of the situation quickly (real time).

Pengukuran dengan GNSS digunakan seiring perkembangan teknologi dalam bidang pemetaan yang cukup beragam. Metode yang dapat dilakukan pada pengaplikasian GNSS meliputi metode Statik, Metode RTK (*Real Time Kinematic*) dan Metode NTRIP (*Network Transport of RTCM Via Internet Protocol*). Metode tersebut dapat dilakukan koreksi secara post processing yaitu metode Statik, metode RTK dan NTRIP pengoreksiannya hampir sama yaitu dengan koreksi antar base dan rover (Ramadhani et al., 2019). Perbedaannya hanya saja metode NTRIP pada umumnya menggunakan CORS (*Continuously Operating Reference Stations*). Penggunaan Cors pada metode NTRIP dapat diketahui hasil koreksi secara seketika sehingga penentuan titik lokasi atau posisi yang dihasilkan terlihat secara langsung (Hafiz et al., 2014) is one of the factors restricting to produce a map of the situation quickly (real time). Penggunaan GNSS dengan metode NTRIP memang memiliki kelebihan dengan koreksinya yang begitu instan sehingga dapat hasilnya bisa langsung digunakan. Pemanfaatan data dari teknologi GNSS metode NTRIP biasanya untuk pengukuran dengan batas bidang, pengukuran situasi detail ataupun pencarian titik koordinat pada suatu kegiatan (Syarifudin, 2020). Akan tetapi dalam beberapa kasus, metode NTRIP terjadi kurang akurat karena terganggunya tangkapan sinyal akibat dari noise. Noise atau *multipath* adalah fenomena pancaran sinyal tiba di antena GNSS (Mufid, 2017). *Multipath* berpengaruh kepada hasil data yang dihasilkan dari pantulan sinyal dari satelit ke antena GNSS akan terganggu

akibat adanya variasi *multipath*. Variasi *multipath* seperti bangunan, vegetasi yang lebat membuat pancaran sinyal menjadi terganggu karena pantulan sinyal tidak langsung diterima oleh antena GNSS. Variasi *multipath* tersebut memiliki penurunan kualitas yang beragam seperti jenis topografi bangunan memiliki penurunan 2,5m – 5m, jenis topografi vegetasi memiliki penurunan 1m – 3m. Bangunan sulit ditembus oleh pancaran sinyal membuat penurunan menjadi kualitas menjadi besar (Groves & Jiang, 2013) accuracy remains a challenge because buildings block, reflect and diffract the signals. This paper investigates three different techniques for mitigating the impact of non-line-of-sight (NLOS).

Data di Fakultas Pertambangan dan Geologi, VŠB TU Ostrava dengan variasi *multipath* yang cukup ekstrem dengan adanya salju, vegetasi, dan bangunan mendapatkan 20 titik dengan 14 data Fixed dengan rata-rata 0,615cm dan 6 data float dengan rata-rata 3,680 cm (Kostelecký et al., 2017). Data di lokasi Universitas Diponegoro melakukan perekaman data NTRIP mendapatkan data 11 titik Fixed dan 37 titik Float, dengan hasil Fixed rata – rata 0,131 cm dan hasil float 1,145 cm. Kesalahan tersebut yang paling besar berada di kondisi float atau tangkapan sinyal dari GNSS terhalang oleh variasi *multipath*. Kondisi float terlihat di alat memperlihatkan akurasi yang baik, akan tetapi dalam kondisi di lapangan bisa memiliki akurasi yang rendah (Sudarsono et al., 2020). Seperti status float dialat berada diangka 0,37 cm, 0,89 cm, 3,01 cm namun keadaan di lapangan bisa menjadi 1,10 cm, 2,47 cm, 8,14 cm (Teunissen & Khodabandeh, 2021).

Metode pengukuran terestris menggunakan alat waterpass untuk sipat datar pengukuran jaring kontrol vertikal dan Total Station untuk pengukuran jaring kontrol horizontal (SNI, 2002). Total Station merupakan gabungan dari alat ukur jarak elektronik dan Theodolit berbentuk digital sehingga mendapatkan hasil titik-titik koordinat yang memiliki keakuratan yang tinggi (KemenPUPR, 2020). Uji ketelitian dengan memperhatikan pengukuran poligon untuk mengetahui kesalahan penutup sudut menggunakan $f \leq 10'' \sqrt{n}$ dan mengetahui kesalahan linier sudut menggunakan $f \leq 1/10.000$ (SNI, 2002). Ketelitian koordinat X, Y diperlukan untuk memperoleh hasil yang akurat, karena dengan adanya variasi *multipath* di sekitar area pengukuran membuat distorsi koordinat antara GNSS dengan Total Station. Dalam praktiknya kedua alat yaitu Total Station dan GNSS dapat digunakan dalam pengukuran topografi, karena pengukuran topografi merupakan pengukuran terestris maupun

ekstraterestris atau penggabungan dari keduanya. Maka perlu dilakukan perbandingan antara data koordinat pengukuran dari GNSS yang memiliki variasi *multipath* dengan data hasil pengukuran dari Total Station untuk mengetahui ketelitian kedua data tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah 1. Mengetahui kualitas data horizontal GNSS dengan kondisi multipath dikawasan UNNES. 2. Mengetahui tingkat ketelitian pengukuran GNSS metode NTRIP terhadap pengukuran terestris metode poligon terbuka terkoreksi sempurna dengan total station.

METODE

Lokasi penelitian berada pada lingkungan kampus Universitas Negeri Semarang Universitas Negeri Semarang berada di Kelurahan Sekaran, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang. Secara astronomis, kampus UNNES terletak pada 110° 23.768' - 110° 24.203' BT dan 7° 2.994' - 7° 3.176' LS.

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif. populasi yang dimaksud bukan hanya orang atau makhluk hidup, tetapi juga meliputi benda – benda alam atau buatan lainnya (Siyoto & Sodik, 2015), populasi pada penelitian ini adalah keadaan variasi *multipath* meliputi bangunan dan vegetasi di lingkungan kampus Universitas Negeri Semarang. Pada penelitian ini untuk menentukan sampel menggunakan teknik sampling *non probability sampling* dengan *purposive sampling*, teknik *purposive sampling* pada penelitian ini menggunakan pertimbangan kondisi variasi *multipath* pada setiap titik (STA) dengan pengamatan 8 penjuru mata angin untuk mengetahui sudut pengamatan, jarak variasi *multipath* terhadap titik dan elevasi variasi *multipath*. Sampel yang digunakan 37 titik (STA) Control Point dan 2 Benchmark. Variabel dalam penelitian ini adalah Data GNSS dan variasi *multipath*. Teknik pengambilan data meliputi survei lapangan dan dokumentasi. Uji validitas menggunakan metode poligon terbuka terkoreksi sempurna sesuai dengan SNI No. 19-6724-2002 untuk mengetahui kesalahan tiap sudut poligonnya yaitu :

Koreksi kesalahan linier jarak:

$$fd / (\sum d) \leq 1/10.000$$

Koreksi kesalahan penutup sudut:

$$\leq 10'' \sqrt{n}$$

Di mana n adalah jumlah titik poligon.

Uji reliabilitas alat menggunakan uji kolimasi, uji kolimasi adalah perbandingan antara bacaan sudut biasa dan sudut luar biasa. Rumus cek kolimasi yaitu:

Cek Kesalahan Horizontal

$$a = (B - LB \pm 180^\circ) / 2$$

Cek Kesalahan Indeks Vertikal

$$\beta = (B + LB - 360^\circ) / 2$$

Teknik analisis yang dipakai adalah analisis uji ketelitian dan dampak variasi *multipath* terhadap pengukuran GNSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil GNSS Terhadap Kualitas Data Horizontal Terhadap Variasi *Multipath*

Pengukuran GNSS yang digunakan adalah metode Static Jaring untuk BM dan metode NTRIP untuk CP dengan menggunakan alat GPS Geodetik Sokkia GRX 2. Koreksi yang dihasilkan dengan metode NTRIP berasal dari koreksi antara satelit dengan koneksi internet sehingga hasil dari metode ini dapat langsung digunakan. Pengukuran GNSS juga menggunakan metode Statik jaring (Tabel 5) interval 2 jam pada setiap BM yang dikoreksi dengan data CORS dengan interval waktu perekaman 24 jam. Hasil dari metode NTRIP (Gambar 1) dibedakan menjadi 3, yaitu *Fixed*, *Float*, dan *Auto*. Dari hasil 3 pengukuran dengan menggunakan GNSS, terdapat 7 *Fixed*, 28 *Float*, dan 10 *Auto*.

| STA | X | Y | Z | H RMS | VRMS |
|------|------------|-------------|---------|----------|----------|
| BM 1 | 433689,247 | 9220749,274 | 214,245 | 0,011 mm | 0,019 mm |
| BM 2 | 433138,022 | 9220984,577 | 217,058 | 0,012 mm | 0,015 mm |

Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 1. Pengukuran GNSS Metode Static

Pengukuran GNSS terdiri atas 2 metode, yaitu metode *Static* dan metode NTRIP. Dalam pengukuran tersebut koordinat X dan Y pada STA BM 1 dan 2 dilakukan dengan metode *Static* guna mendapatkan koordinat dengan distorsi *horizontal* dan *vertikal* di bawah 2 cm. Lama waktu pengukuran BM tersebut selama 2 jam dengan *masking area* sebesar 0° untuk tangkapan satelit yang lebih banyak (Jin et al., 2014). Waktu tersebut sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan untuk penurunan orde jaringan dari orde jaringan 00 ke orde jaringan 3 dengan waktu pengamatan 1 jam, metode jaring, menggunakan *dual frequency* dan memiliki *masking area* minimal 15° (SNI, 2002).

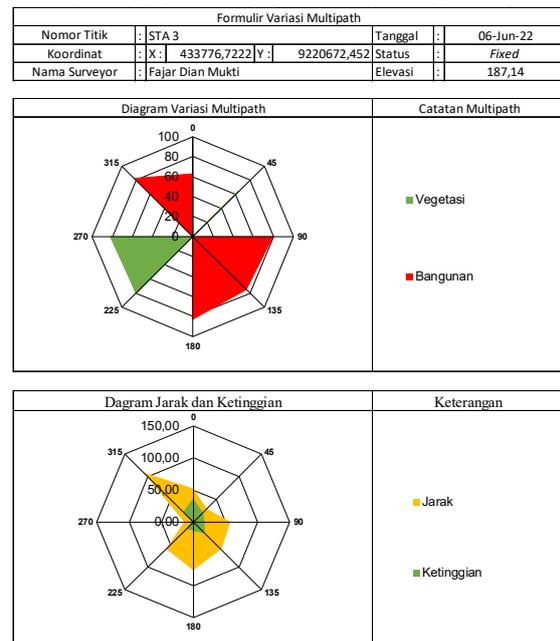
Pada pengukuran dengan metode NTRIP dibedakan menjadi 3 tingkatan, yaitu *Fixed*, *Float*, dan *Auto*. Tingkatan tersebut dibedakan dengan melihat akurasi distorsi dari H Rms dan V Rms yang dihasilkan pada saat pengukuran (Hafiz et al., 2014). Pengukuran metode NTRIP masih sama menggunakan *masking area* sebe-

sar 0° untuk setiap STA. Dengan masking area 0° tangkapan dari variasi multipath akan lebih banyak sesuai dengan ketinggian receiver yang berbeda – beda (Irsigler et al., 2004). Perekaman terhadap GNSS dengan metode NTRIP memiliki rentang waktu dari 1 – 5 menit tergantung dari kondisi yang ada di lapangan. Dalam hal ini waktu perekaman dalam pengukuran GNSS metode NTRIP adalah 5 menit pada setiap STA karena kondisi variasi multipath cukup beragam (Liu & Liu, 2007).

| NO / STA | X | Y | STATUS |
|----------|------------|------------|--------|
| CP 2 | 433721,17 | 9220695,54 | Float |
| CP 3 | 433776,301 | 9220680,95 | Fixed |
| CP 4 | 433854,086 | 9220595,5 | Float |
| CP 5 | 433846,377 | 9220568,34 | Float |
| BM FT | 433807,612 | 9220502,32 | Fixed |
| CP 6 | 433778,439 | 9220498,49 | Float |
| CP 7 | 433749,259 | 9220519,52 | Fixed |
| CP 8 | 433629,156 | 9220594,8 | Fixed |
| CP 9 | 433585,803 | 9220613,93 | Auto |
| CP 10 | 433521,862 | 9220622,19 | Auto |
| CP 11 | 433500,203 | 9220609,16 | Auto |
| CP 12 | 433466,9 | 9220607,56 | Float |
| CP 13 | 433452,047 | 9220650,8 | Float |
| CP 14 | 433375,135 | 9220690,32 | Float |
| CP 15 | 433366,265 | 9220769,15 | Float |
| CP 16 | 433354,759 | 9220789,36 | Float |
| CP 17 | 433327,876 | 9220825,56 | Fixed |
| CP 18 | 433233,381 | 9220792,35 | Fixed |
| CP 19 | 433225,851 | 9220765,01 | Float |
| CP 20 | 433151,331 | 9220736,37 | Auto |
| CP 21 | 433047,132 | 9220720,95 | Auto |
| CP 22 | 432974,838 | 9220671,7 | Auto |
| CP 23 | 433003,394 | 9220542,72 | Auto |
| CP 24 | 432900,312 | 9220512,87 | Auto |
| CP 25 | 432878,951 | 9220544,55 | Float |
| CP 26 | 432849,004 | 9220561,6 | Fixed |
| CP 27 | 432835,7 | 9220595,62 | Float |
| CP 28 | 432807,366 | 9220701,72 | Float |
| CP 29 | 432821,713 | 9220761,73 | Float |
| CP 30 | 432865,653 | 9220779,27 | Float |
| CP 31 | 432962,785 | 9220794,46 | Float |
| CP 32 | 433029,703 | 9220844,6 | Auto |
| CP 33 | 433073,868 | 9220863,17 | Float |
| CP 34 | 433057,692 | 9220948,47 | Auto |
| CP 35 | 433049,851 | 9221062,18 | Auto |
| CP 36 | 433069,714 | 9221073,39 | Float |
| CP 37 | 433102,109 | 9221035,89 | Float |

Sumber: Hasil Pengukuran, 2022
Gambar 2. Hasil Pengukuran GNSS Metode NTRIP

Hasil dari jarak dan sudut tersebut menjadi faktor perhitungan dari kualitas data yang dihasilkan oleh GNSS terhadap variasi multipath yang ada. Dari 37 STA mendapatkan hasil 6 Fixed, 21 Float, dan 10 Auto. Hasil Fixed didapatkan karena area yang tertutupi oleh bangunan hanya 3 sisi 45° dan 1 sisi untuk vegetasi. Dengan jarak yang di tertutupi oleh variasi multipath adalah 50-100 meter dari tempat pengamatan. Sinyal masih bisa diterima oleh satelit karena 50% area pada lokasi pengamatan masih terbuka. Sehingga sinyal dari pancaran yang dikirim oleh satelit masih bisa ditangkap oleh GNSS (Kostelecký et al., 2017).



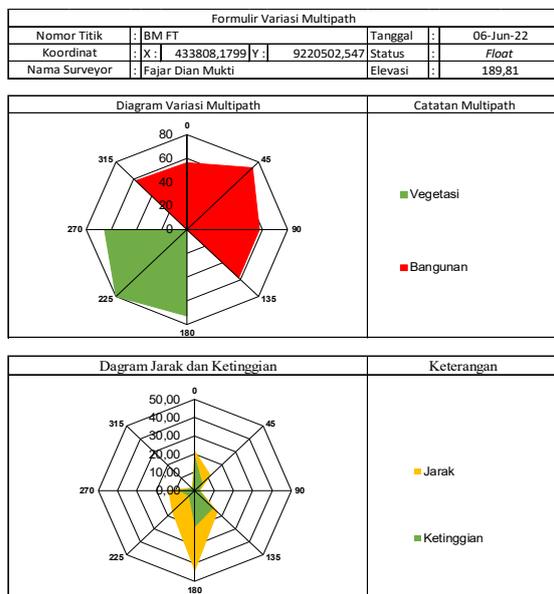
Sumber: Hasil Pengukuran, 2022
Gambar 3. Tabel Persebaran Variasi Multipath Berstatus Fixed

Hasil *Float* bisa terjadi karena sinyal yang dipancarkan satelit yang diterima oleh GNSS mengalami gangguan atau *multipath* yang beragam pada area pengukuran. Status *Float* dalam penelitian ini memiliki akurasi yang beragam. Akurasi tersebut disebabkan oleh panjang baseline Cors dan juga variasi *multipath* yang ada di area penelitian (Tao et al., 2021). Tutupan variasi *multipath* yang ada di area berstatus *Float* rata – rata berupa bangunan yang tinggi atau vegetasi yang rapat, sehingga penerimaan sinyal yang didapatkan oleh GNSS menjadi bias.

Dan hasil status *Autonomous* jarang digunakan dalam rangka pengukuran skala detail. Karena tingkat distorsi yang dihasilkan dari pengukuran tersebut sangat tinggi sebesar 1- 3 m (Schloderer et al., 2011) environmental impact assessments and environmental audits, topo-

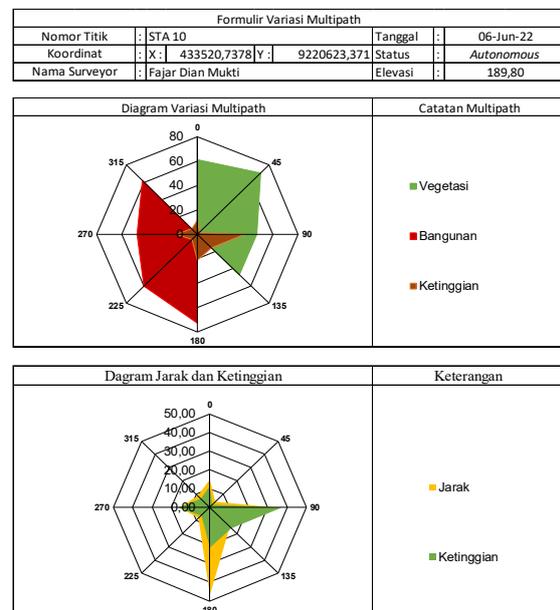
graphical maps play an essential role in providing a means by which the locations of sampling sites may be selected, in assisting with the interpretation of physical features, and in indicating the impact or potential impact on an area due to changes in the system being monitored (e.g.; spatially changing features such as wetlands. Tingkat akurasi dalam status Auto mirip dengan hasil dari GPS handheld atau GPS di Smartphone. Pengambilan data dengan GNSS yang menghasilkan data Autonomous sedikit berbeda pada waktu perekamannya. Perekaman yang awalnya hanya 1 – 5 menit dengan keadaan variasi *multipath* yang ada jika dalam waktu 5 menit masih menghasilkan status Autonomous, maka akan ditambah waktu perekaman data hingga 10 – 15 menit pada setiap STA. Hal tersebut dilakukan karena dengan semakin lama perekaman diharapkan akurasinya akan lebih baik.

27,55 dan *multipath* bangunan 17,77 serta jarak *multipath* vegetasi 34,19 dan *multipath* bangunan 15,65 terhadap berdiri alat sehingga dapat digunakan untuk pengukuran terestris skala detail. Kualitas data yang menengah yaitu berstatus float yang memiliki fraksi centimeter sampai meter terkecil dengan variasi *multipath* rerata 37,80 untuk vegetasi, 37,80 untuk bangunan, dan 24,40 area terbuka. Pada area yang memiliki elevasi *multipath* vegetasi sebesar 16,61 dan *multipath* bangunan 22,95 serta jarak *multipath* vegetasi 21,50 dan *multipath* bangunan 29,64 terhadap berdiri alat masih dapat digunakan untuk pengukuran terestris skala semi detail dengan pemilihan fraksi ketelitian yang digunakan adalah distorsi yang terkecil dalam pengukuran tersebut. Dan kualitas data yang kurang dipakai dalam pengukuran detail atau semi detail yaitu berstatus autonomous dengan fraksi distorsi yang berada pada meter.



Sumber: Hasil Pengukuran, 2022
Gambar 4. Tabel Persebaran Variasi Multipath Berstatus Float

Hasil dari pengukuran GNSS metode NTRIP terhadap variasi *multipath* dapat disimpulkan bahwa hasil koordinat yang dihasilkan oleh GNSS metode NTRIP memiliki kualitas data yang cukup beragam. Hasil kualitas dapat dilihat dibawah, antara perbandingan variasi *multipath* dengan luasan area elevasi dan luasan area jarak terhadap berdiri alat. Kualitas data yang baik berada di status fixed karena berada pada fraksi cm terkecil untuk distorsi yang dihasilkan dengan variasi *multipath* rerata 47,91 untuk vegetasi, 25 untuk bangunan, dan 27,08 area terbuka. Pada area yang memiliki elevasi *multipath* vegetasi sebesar



Sumber: Hasil Pengukuran, 2022
Gambar 5. Tabel Persebaran Variasi Multipath Berstatus Autonomous

Hasil GNSS Terhadap Ketelitian Data Dari Pengukuran Terestris

Hasil dari koreksi jaring kontrol horizontal dengan metode poligon terbuka terkoreksi sempurna yaitu kesalahan sudut sebesar 9,19 detik dan kesalahan linier jarak sebesar 4,456 pada skala 1:10.000. Perbandingan tersebut menggunakan regresi dengan hasil R square pada koordinat X yaitu 0,513 dan R square pada koordinat Y yaitu 0,993. Untuk asumsi error menyebar normal dengan rata – rata nol dan suatu ragam tertentu menghasilkan nilai untuk koordinat X sebesar 0,000 dan untuk koordinat Y sebesar

0,160. Jika melihat dari asumsi tersebut maka nilai koordinat X dengan melihat probabilitasnya <0,05 maka dinyatakan data tidak menyebar normal dan koordinat Y probabilitasnya >0,05 maka data dinyatakan menyebar normal. Asumsi yang kedua yaitu ragam error bersifat homogen dengan hasil nilai koordinat X berupa 0,111 dan nilai koordinat Y 0,903. Jika melihat hasil tersebut memiliki asumsi bahwa koordinat X dan Koordinat Y nilai ragam yang mirip sehingga ragam homogen tidak terjadi error.

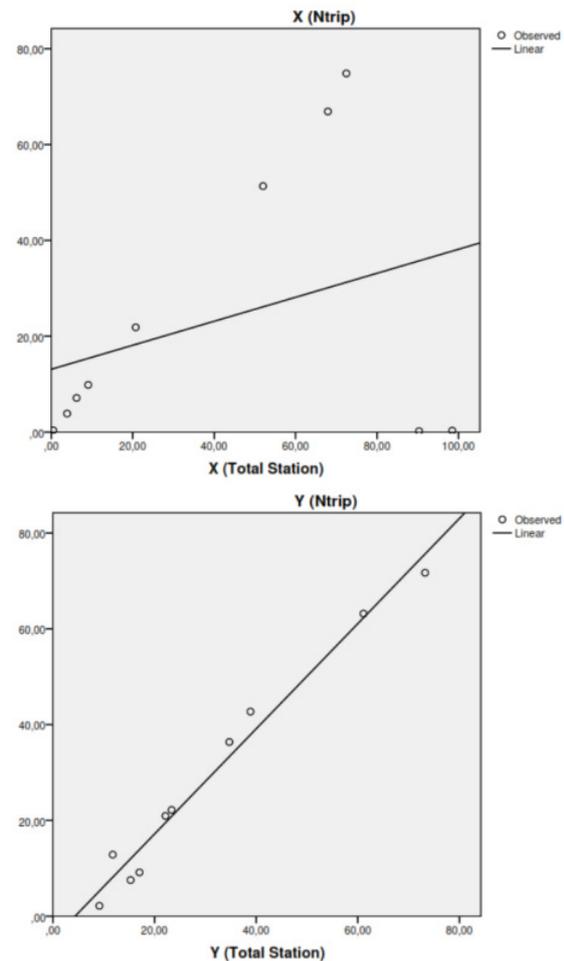
Tabel 1. Coverage Variasi Multipath Terhadap Elevasi dan Jarak

| STATUS | Multipath %Area | | | Multipath Elevasi %Area | | Multipath Jarak %Area | | |
|---------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-------|
| | Vegetasi | Bangunan | Terbuka | Vegetasi | Bangunan | Vegetasi | Bangunan | |
| Fixed | CP 3 | 12,5 | 37,5 | 50 | 12,15 | 31,89 | 3,52 | 10,91 |
| | CP 8 | 100 | 0 | 0 | 51,63 | 0,00 | 78,88 | 0,00 |
| | CP 9 | 75 | 0 | 25 | 47,22 | 0,00 | 72,73 | 0,00 |
| | CP 17 | 25 | 62,5 | 12,5 | 21,12 | 24,40 | 8,06 | 18,43 |
| | CP 18 | 50 | 25 | 25 | 13,57 | 24,49 | 20,71 | 30,37 |
| | CP 26 | 25 | 25 | 50 | 19,65 | 25,88 | 21,27 | 34,20 |
| Rerata | 47,91667 | 25 | 27,0833333 | 27,5562177 | 17,77670994 | 34,1989434 | 15,65178079 | |
| Float | CP 2 | 12,5 | 37,5 | 50 | 31,01 | 41,87 | 13,75 | 34,36 |
| | CP 4 | 25 | 37,5 | 37,5 | 14,25 | 24,31 | 15,11 | 26,82 |
| | CP 5 | 25 | 25 | 50 | 12,51 | 14,18 | 28,18 | 37,59 |
| | BM FT | 25 | 50 | 25 | 16,60 | 37,95 | 22,43 | 29,54 |
| | CP 6 | 25 | 75 | 0 | 8,04 | 29,11 | 21,36 | 33,04 |
| | CP 7 | 25 | 75 | 0 | 13,03 | 27,01 | 19,70 | 31,82 |
| | CP 13 | 12,5 | 50 | 37,5 | 12,94 | 14,74 | 27,34 | 38,29 |
| | CP 14 | 25 | 25 | 50 | 12,99 | 20,46 | 5,66 | 12,61 |
| | CP 15 | 37,5 | 50 | 12,5 | 14,19 | 21,82 | 4,52 | 7,59 |
| | CP 16 | 43,75 | 68,75 | 0 | 14,37 | 13,63 | 23,06 | 37,44 |
| | CP 19 | 75 | 25 | 0 | 6,21 | 9,65 | 54,97 | 44,74 |
| | CP 25 | 25 | 25 | 50 | 15,61 | 23,67 | 11,44 | 21,37 |
| | CP 27 | 50 | 12,5 | 25 | 9,44 | 14,86 | 18,91 | 5,73 |
| | CP 28 | 100 | 0 | 0 | 36,91 | 0,00 | 7,58 | 0,00 |
| | CP 29 | 100 | 0 | 0 | 43,53 | 0,00 | 7,77 | 0,00 |
| | CP 30 | 25 | 25 | 50 | 9,72 | 14,99 | 6,08 | 18,93 |
| | CP 31 | 62,5 | 12,5 | 25 | 6,18 | 9,75 | 48,00 | 65,07 |
| CP 32 | 37,5 | 37,5 | 25 | 16,52 | 33,80 | 12,08 | 16,52 | |
| CP 34 | 12,5 | 37,5 | 50 | 13,71 | 17,81 | 14,62 | 24,24 | |
| CP 36 | 37,5 | 62,5 | 0 | 33,17 | 35,37 | 39,88 | 38,74 | |
| CP 37 | 12,5 | 62,5 | 25 | 7,79 | 77,07 | 49,17 | 97,97 | |
| Rerata | 37,79762 | 37,79762 | 24,4047619 | 16,6054805 | 22,95397377 | 21,5047596 | 29,6387133 | |
| Auto | CP 10 | 37,5 | 37,5 | 25 | 18,33 | 18,88 | 15,71 | 24,43 |
| | CP 11 | 0 | 100 | 0 | 19,16 | 0,00 | 13,98 | 0,00 |
| | CP 12 | 12,5 | 62,5 | 25 | 40,09 | 69,57 | 12,43 | 15,87 |
| | CP 20 | 62,5 | 12,5 | 25 | 7,24 | 8,57 | 53,76 | 53,88 |
| | CP 21 | 62,5 | 12,5 | 25 | 7,38 | 14,12 | 21,82 | 22,24 |
| | CP 22 | 75 | 25 | 0 | 7,65 | 11,01 | 19,75 | 61,97 |
| | CP 23 | 37,5 | 62,5 | 0 | 11,30 | 14,44 | 11,33 | 32,79 |
| | CP 24 | 75 | 25 | 0 | 8,68 | 7,20 | 51,01 | 52,15 |
| | CP 33 | 25 | 25 | 50 | 15,81 | 23,72 | 14,07 | 34,60 |
| | CP 35 | 25 | 25 | 50 | 20,16 | 31,77 | 21,24 | 50,55 |
| Rerata | 41,25 | 38,75 | 20 | 15,5792185 | 19,92829075 | 23,5105119 | 34,84825049 | |

Sumber: Hasil Pengukuran, 2022

Perbedaan R square yang cukup banyak pada koordinat X dengan koordinat Y dan hasil dari asumsi error menyebar normal dengan rata-rata nol dan suatu ragam tertentu disebabkan distorsi dari hasil autonomous yang dihasilkan oleh GNSS metode NTRIP. Jika dipisahkan antara Fixed, Float dan Autonomous hasil dari R Square dari koordinat X yaitu 0,997 dan R square koordinat Y yaitu 0,996 untuk hasil dari status Fixed, Float dan untuk R square koordinat X pada status autonomous yaitu 0,107 dan R square koordinat Y yaitu 0,976. Dilihat pada jika hasil koordinat X dari pengukuran dari GNSS dengan koreksi poligon terbuka sempurna memiliki akurasi yang sangat jauh. Berbeda dengan hasil koordinat Y dari pengukuran GNSS dengan koreksi poligon terbuka sempurna memiliki akurasi yang hampir sama. Selanjutnya asumsi error

menyebar normal dengan rata-rata nol dan suatu ragam yang membuat koordinat X tidak menyebar normal memiliki hasil 0,256 dan koordinat Y 0,061. Hasil dari koordinat X lebih besar dari koordinat Y disebabkan perbedaan probabilitas sebelumnya dan jika melihat asumsi sebelumnya menyatakan bahwa koordinat X dari status autonomous memiliki probabilitas menyebar dengan normal karena > 0,005.



Gambar 6. Kurva Persebaran Hasil *Autonomous* Koordinat X dan Y (Sumber: Hasil pengolahan Data, 2022)

Hasil koreksi dari poligon terbuka terkoreksi sempurna menghasilkan kesalahan sudut sebesar 9,19 detik dan kesalahan linier jarak sebesar 4,456 pada skala 1:10.000. Kualitas data yang ditoleransi kelas D yaitu $\leq 10''\sqrt{n}$ dengan hasil $10''\sqrt{37}$ adalah 60,827 detik. Jika dalam kelas A yaitu $\leq 2''\sqrt{37}$ adalah 12,165 detik, maka kesalahan sudut yang dihasilkan oleh koreksi poligon terbuka terkoreksi sempurna dapat masuk ke dalam spesifikasi kelas A karena berada diangka 9,19 detik. Sesuai dengan spesifikasi tek-

nis yang ada di SNI 19-6724-2002 tentang Jaring Kontrol Horizontal yang untuk kelas D dengan kesalahan penutup sudut $\leq 10''\sqrt{n}$ dan kesalahan linier jarak adalah $\leq 1:10.000$ (SNI, 2002). Hasil perbandingan data tersebut diuji dengan regresi linier sederhana untuk mengetahui hasil ketelitian yang dihasilkan dari koordinat GNSS dengan dibandingkan dengan data yang diperoleh dari koordinat pengukuran Total Station metode poligon terbuka terkoreksi sempurna. Regresi linier sederhana menghasilkan persebaran data normal atau tidak dan data bersifat homogen. Regresi linier tersebut menghasilkan persebaran data untuk koordinat X yang tidak normal dan koordinat Y yang menyebar normal. Data koordinat X yang menyebar tidak normal dihasilkan oleh data GNSS yang berstatus autonomus.

Dengan kondisi variasi *multipath* yang beragam pada lingkungan kampus Universitas Negeri Semarang, Kualitas data yang dihasilkan oleh pengukuran GNSS dengan metode NTRIP setelah dibandingkan dengan kualitas data dari pengukuran Total Station dengan metode poligon terbuka terkoreksi sempurna mengalami perbedaan yang cukup signifikan khususnya pada STA yang berstatus Auto ketika diukur dengan GNSS.

Spesifikasi kelas yang dihasilkan oleh pengukuran GNSS berada pada level orde-4 karena pengukuran GNSS metode NTRIP menggunakan jaringan radial antara receiver dan CORS BIG yang melakukan koreksi untuk menghasilkan koordinat pada STA yang diukur.

Jika pada pengukuran dengan coverage wilayah seperti Universitas Negeri Semarang yang memiliki variasi *multipath* cukup tinggi, sebaiknya untuk STA yang menghasilkan status auto dapat dilakukan pengukuran GNSS dengan metode static.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari tujuan penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan yang ada di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa:

Kualitas data dengan status: *fixed* dapat diperoleh jika *masking area* yang digunakan $0^\circ - 10^\circ$ dengan variasi *multipath* rerata 47,91% untuk vegetasi, 25% untuk bangunan, dan 27,08% area terbuka. Area jarak yang diizinkan jika ada *multipath* vegetasi 34,19% dan *multipath* bangunan 15,65% terhadap berdiri alat.

float dengan variasi *multipath* rerata 37,80% untuk vegetasi, 37,80% untuk bangunan, dan 24,40% area terbuka. Area jarak yang diizinkan jika ada *multipath* vegetasi 21,50% dan *multipath* bangunan 29,64% terhadap berdiri alat.

Spesifikasi kelas yang dihasilkan oleh pengukuran GNSS berada pada level orde-4 (Kelas E). Ketelitian yang dihasilkan cukup baik untuk metode *fixed* dan *float*, dimana selisihnya tidak terlalu jauh dari hasil koreksi poligon terbuka terkoreksi sempurna, berbeda dengan status autonomus yang selisih koreksinya terlalu tinggi. Regresi linier yang dihasilkan status autonomus membuat persebaran data koordinat X menjadi tidak normal dan koordinat Y menyebar normal.

DAFTAR PUSTAKA

- BIG: Badan Informasi Geospasial. (2017). Peraturan Badan Informasi Geospasial. *Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 7 Tahun 2017 Tentang Kompetensi Kerja Di Bidang Informasi Geospasial*, 53(9), 10.
- Groves, P. D., & Jiang, Z. (2013). Height aiding, C/N0 weighting and consistency checking for gnss nlos and multipath mitigation in urban areas. *Journal of Navigation*, 66(5), 653–669. <https://doi.org/10.1017/S0373463313000350>
- Hafiz, E., Awaluddin, M., & Yuwono, B. (2014). Analisis Pengaruh Panjang Baseline Terhadap Ketelitian Pengukuran Situasi Dengan Menggunakan Gns Metode Rtk-Ntrip (Studi Kasus: Semarang, Kab. Kendal Dan Boyolali). *Jurnal Geodesi Undip*, 3(1), 84991.
- Indonesia, S. N. (2002). *Jaring kontrol horizontal*. 94.
- Irsigler, M., Hein, G. W., & Eissfeiler, B. (2004). Multipath performance analysis for future GNSS signals. *Proceedings of the National Technical Meeting, Institute of Navigation, 2004*, 225–238.
- KemenPUPR. (2020). Pengenalan Survey Topografi. *Kementerian PUPR*, 32. <https://simantu.pu.go.id/>
- Kostelecký, J., Kostelecký, J., & Václavovic, P. (2017). Testing of gnss multipath in different observational conditions at one stationary station. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 14(4), 425–429. <https://doi.org/10.13168/AGG.2017.0023>
- Liu, X., & Liu, J. (2007). Multipath performance for GNSS signals considering correlation. *2006 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM 2006*, 6–9. <https://doi.org/10.1109/WiCOM.2006.183>
- Mufid, A. (2017). *Pembuatan Panduan Pengukuran Gps Geodetik Dengan Metode Statik*.
- Ramadhani, H. A., Awaluddin, M., & Nugraha, A. L. (2019). Analisis Pengaruh Multipath Dari Topografi Terhadap Presisi Pengukuran GNSS Dengan Metode Statik. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 278–287.
- Schloderer, G., Bingham, M., Awange, J. L., & Fleming, K. M. (2011). Application of GNSS-RTK derived topographical maps for rapid environmental monitoring: A case study of Jack Finnelly Lake (Perth, Australia). *Environmental Monitoring and Assessment*, 180(1–4), 147–161.

- <https://doi.org/10.1007/s10661-046-5378-8>
Siyoto, S., & Sodik, M. (2015). *Dasar Metodologi Penelitian* (Ayup (ed.)). Literasi Media Publishing.
- Sudarsono, B., Sabri, L. M., & Dinoto, T. S. (2020). Pengukuran Luas Metode Terestris Menggunakan Alat Ukur GPS Dan Metode Fotogrametri Menggunakan Foto Udara UAV Di Kolam Retensi Muktiharjo Kidul Semarang | Sudarsono | *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika*. *Elipsoida*, 03(02), 143–150. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/elipsoida/article/view/9312/4977>
- Syarifudin, A. (2020). *Pemanfaatan Receiver GNSS RTK Smart TB5 Dengan Metode RTK-Ntrip Untuk Pengukuran Titik Batas Bidang Tanah*. 2507(February), 1–9.
- Teunissen, P. J. G., & Khodabandeh, A. (2021). A mean-squared-error condition for weighting ionospheric delays in GNSS baselines. *Journal of Geodesy*, 95(11), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s00190-021-01569-7>