

STUDI KAPABILITAS PERBANDINGAN SATELIT GPS, GLONASS DAN BEIDOU PADA DAERAH TERBUKA, SEDIKIT TERTUTUP DAN TERTUTUP

Andre Ziko^[1], Heri Andreas^[2], dan Satrio Muhammad Alif^[3]

^[1] *Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sumatera*

^[2] *Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung*

^[3] *Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sumatera*

ABSTRAK

Satelit GNSS sangat membantu dalam hal penentuan posisi di bumi. Satelit GNSS terdiri dari satelit GPS (*Global Positioning System*) dari Amerika Serikat, dan satelit GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) dari Rusia, serta satelit BEIDOU dari China. Penelitian dilakukan untuk membandingkan kemampuan satelit GPS, GLONASS dan BEIDOU beserta kombinasinya dalam hal akurasi, presisi dan waktu menerima data pada tempat terbuka, sedikit tertutup dan tertutup. Ketiga titik tersebut dilakukan pengukuran metode RTK dengan titik referensi menggunakan CORS ITB. Hasil koordinat yang didapat dilakukan analisis *Plotting* untuk melihat bagaimana persebaran koordinat. Hasil akhir penelitian ini menunjukkan bahwa hasil sebaran akurasi pada titik terbuka, satelit GLONASS + BEIDOU mempunyai akurasi yang paling baik, pada sedikit tertutup menunjukkan satelit GPS mempunyai akurasi yang paling baik, dan titik tertutup, satelit GPS + BEIDOU mempunyai akurasi yang paling baik. Untuk nilai presisi pada titik terbuka, kemampuan satelit GPS + GLONASS, GPS + BEIDOU, GPS dan BEIDOU mempunyai nilai presisi yang paling baik, pada titik sedikit tertutup dan tertutup menunjukkan kemampuan satelit GPS + BEIDOU mempunyai presisi yang paling baik. Berdasarkan waktu menerima data kombinasi ketiga satelit GPS + GLONASS + BEIDOU membutuhkan waktu yang cepat pada semua kondisi pengukuran. Kemampuan kombinasi ketiga satelit menunjukkan hasil yang baik dalam hal *positioning*.

Kata Kunci : GNSS, GPS, GLONASS, BEIDOU, kapabilitas, presisi, akurasi

CAPABILITY STUDY COMPARISON OF GPS, GLONASS AND BEIDOU SATELLITE IN OPEN AREAS, SLIGHTLY CLOSED AND CLOSED

Andre Ziko^[1], Heri Andreas^[2], dan Satrio Muhammad Alif^[3]

^[1]*Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sumatera*

^[3]*Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung*

^[4]*Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sumatera*

ABSTRACT

GNSS satellite is advantageous in terms of positioning on earth. GNSS satellite consists of GPS (Global Positioning System) satellites from the United States, and Russia's GLONASS (Global Navigation Satellite System) satellite, as well as the BEIDOU from China. The study was conducted to compare the capabilities of GPS, GLONASS and BEIDOU onward with the combinations in terms of accuracy, precision and time receiving data in the open, slightly closed and closed. The three points are measured by the RTK method with reference points using ITB CORS. The coordinates attained are Plotting analysis to see how the coordinates are distributed. The final results of this study showed that the accuracy of the results at open points, GLONASS + BEIDOU satellites have the best accuracy, in a slightly closed shows GPS satellites have the best accuracy, and closed points, GPS + BEIDOU satellites have the best accuracy. For precision values at open points, the capabilities of GPS + GLONASS, GPS + BEIDOU, GPS and BEIDOU satellites have the best precision values, at slightly closed and closed points indicating the ability of BEIDOU + GPS satellites have the best precision. Based on the time to receive data the combination of the three GPS + GLONASS + BEIDOU satellites requires fast time in all measurement conditions. The ability of a third satellite combination shows good results in terms of positioning.

Keywords : GNSS, GPS, GLONASS, BEIDOU, capability, precision, accuracy

1. Pendahuluan

Keilmuan geodesi dan/atau geomatika adalah ilmu yang berkembang dari zaman ke zaman. Dengan kemajuan teknologi, penentuan posisi titik dapat menjadi lebih mudah dengan ketelitian yang sama baiknya menggunakan satelit. Penggunaan satelit dapat mencakup daerah yang relatif luas karena, orbit satelit yang relatif cukup tinggi di atas permukaan bumi. Selanjutnya, penentuan posisi membutuhkan paling sedikit tiga satelit untuk penentuan posisi dua dimensi (*lintang* dan *bujur*) dan minimal membutuhkan empat satelit untuk penentuan posisi tiga dimensi (*lintang*, *bujur*, dan *elevasi*).

GNSS atau singkatan dari *Global Navigation Satellite System* adalah sistem satelit navigasi untuk mencakup global, yang digunakan untuk menentukan posisi atau lokasi (*lintang*, *bujur* dan *ketinggian*) di bumi, dengan menggunakan satelit. Beberapa sistem satelit navigasi seperti GPS (*Global Positioning System*) milik Amerika, GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) milik Rusia, GALILEO milik Eropa, IRNSS (*Indian Regional Navigation Satellite System*), QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*) milik Jepang dan BEIDOU milik China.

Pengukuran penentuan posisi dengan berbagai metode yang digunakan akan mempengaruhi hasil pengukuran. Hasil pengukuran yang didapat, bergantung pada hasil akurasi dan presisi suatu titik pengukuran. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka adapun rumusan masalah yang didapat antara lain: 1) Bagaimana kapabilitas akurasi pada satelit GPS, GLONASS, BEIDOU beserta kombinasinya pada titik terbuka, sedikit tertutup dan tertutup? 2) Bagaimana kapabilitas presisi pada satelit GPS, GLONASS, BEIDOU beserta kombinasinya pada titik terbuka, sedikit tertutup dan tertutup? 3) Bagaimana kemampuan waktu dalam menerima data pada satelit GPS, GLONASS, BEIDOU beserta kombinasinya pada titik terbuka, sedikit tertutup dan tertutup? 4) Bagaimana kapabilitas akurasi, presisi dan waktu menerima data pada satelit GPS, GLONASS, BEIDOU beserta kombinasinya pada titik terbuka, sedikit tertutup dan tertutup?

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Penentuan Posisi dengan Metode Terestris

Penentuan posisi dengan metode terestris dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran di permukaan bumi. Penentuan posisi metode terestris dilakukan salah satunya menggunakan *Total Station*. *Total station* adalah suatu alat yang merupakan kombinasi *theodolit* elektronik, *Electronic Distance Meter* (EDM), dan perangkat lunak yang berfungsi sebagai pengumpul dan pemroses data (Arintia, E Ningsih, 2014). Prinsip pengukuran sudut dengan menggunakan alat theodolite hampir sama dengan *Total Station*, yaitu dengan menggunakan salah satu titik sebagai referensi (*backsight*) lalu mengukur titik lain (*foresight*) untuk mencari sudut ukurnya.

2.2 Penentuan Posisi dengan Metode GNSS

Penentuan posisi metode satelit dilakukan dengan menggunakan teknologi GNSS. Teknologi GNSS digunakan berbagai macam aplikasi seperti penentuan posisi akurat, *survey* dan pemetaan dan berbagai macam aplikasi lainnya dengan bantuan satelit. Sistem satelit navigasi global (GNSS) terdiri dari segmen angkasa (*Space*

segment), segmen sistem kontrol (*control system segment*) dan segmen pengguna (*user segment*). Segmen satelit memancarkan sinyal navigasi kepada segmen pemakai, yang dikendalikan stasiun pengendali di bumi. Satelit-satelit tersebut terdiri dari konstelasi satelit dengan cakupan global. Selanjutnya, fungsi dari satelit tersebut mengirim sinyal ke *receiver* yang dipasang di permukaan bumi untuk dapat menentukan posisi di bumi.

2.3 Metode Penentuan Posisi dengan GNSS

Metode penentuan posisi dengan satelit dapat dikelompokkan atas dua cara yaitu: metode penentuan posisi secara absolut dan secara relatif. Metode absolut menentukan posisi hanya berdasarkan pada satu *receiver* saja, ketelitian posisi dalam beberapa meter dan umumnya hanya diperuntukkan bagi keperluan navigasi. Sedangkan, metode relatif ialah, menentukan posisi dengan menggunakan lebih dari satu *receiver*. Metode ini menghasilkan posisi berketelitian tinggi dan umumnya kurang dari 1 meter dan biasanya digunakan untuk keperluan survey pemetaan. Metode penentuan posisi lainnya, yaitu *static*, *rapid static*, *pseudo-kinematic*, *rtk* dan *stop-and-go*.

2.4 Akurasi dan Presisi

Ketelitian posisi ditentukan dari nilai HRMS (*Horizontal Root Mean Square*) dan VRMS (*Vertikal Root Mean Square*) pengukuran. Semakin kecil HRMS dan VRMS, maka semakin teliti pengukuran yang dilakukan. Nilai HRMS suatu pengukuran dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{HRMS} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$$

Keterangan :

σ_x = Standar deviasi posisi dari absis

σ_y = Standar deviasi posisi dari ordinat

2.5 Kesalahan dan Bias

Keberlangsungan sinyal satelit akan menuju *receiver* yang berada di bumi. Sinyal tersebut akan dipengaruhi oleh beberapa kesalahan dan bias. Kesalahan dan bias dapat mempengaruhi ketelitian informasi yang diperoleh serta mempengaruhi proses penentuan ambiguitas fase. Kesalahan dan bias dapat dikelompokkan menjadi: kesalahan ephemeris (orbit), bias ionosfer, bias troposfer, multipath, ambiguitas fase, dan *cycle slips*.

2.6 Pendefinisian Obstruksi Sinyal

Menurut Atinc Pirti dkk, ketiga daerah diilustrasikan sebagai: a)Daerah terbuka adalah area yang memiliki pandangan langit yang jelas dan bebas dari *obstruction* (penghalang) yang menyebabkan terjadinya *multipath*; b)Daerah tertutup adalah area dengan banyaknya *obstruction*, seperti beberapa pohon disekitar *receiver* sebesar > 80%; c)Daerah sedikit tertutup memiliki obstruksi diantara kedua daerah tersebut.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Pengumpulan Data

Penelitian bertujuan mengetahui hasil akurasi dan waktu menerima data pada titik terbuka, sedikit tertutup dan tertutup, dengan menggunakan bantuan satelit GPS, GLONASS, BEIDOU beserta kombinasinya. Selanjutnya, data-data yang dibutuhkan adalah data pengukuran GNSS metode RTK dan Statik serta pengukuran Terestris pada ketiga titik tersebut, yang dilakukan pada siang hari hingga sore hari. Kegiatan pengukuran dilakukan pada tanggal 24 Maret 2018. Pengukuran yang pertama dilakukan adalah pengukuran GPS metode RTK dengan menggunakan *receiver* tipe geodetik merk South Galaxy G1.

3.2 Alat dan Bahan

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat-alat sebagai berikut :

1. Sepasang *receiver* SOUTH GALAXY G1 beserta *Controller*
2. Sepasang *receiver* Geodetik Topcon GR-5
3. 1 buah Total Station Topcon ES 103
4. 2 buah Reflektor
5. Statif (Kaki Tiga)
6. 1 buah Jalon
7. Meteran dan paku payung

4. Hasil dan Analisis

4.1 Hasil Koordinat

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) ITB adalah titik referensi yang dijadikan sebagai *base station* pada pengukuran ini. Koordinat CORS ITB adalah 9237452.393 m N, 788662.843 m E. Koordinat ini digunakan untuk menentukan posisi titik *base* lokal, titik terbuka, titik sedikit tertutup dan titik tertutup yang dianggap benar, dengan pengamatan GPS metode Statik dan Terestris. Berikut hasil pengukuran metode Statik dan metode Terestris pada Tabel 1 dan Tabel 2:

Tabel 1. Hasil pengukuran Statik

Titik	<i>Northing</i>	<i>Easting</i>	H Ellipsoid
ITB	9237452.393	788662.843	816.434
<i>Base</i> Lokal	9232439.762	790268.891	705.732
Terbuka	9232445.204	790262.047	705.720

Tabel 2. Hasil pengukuran Terestris

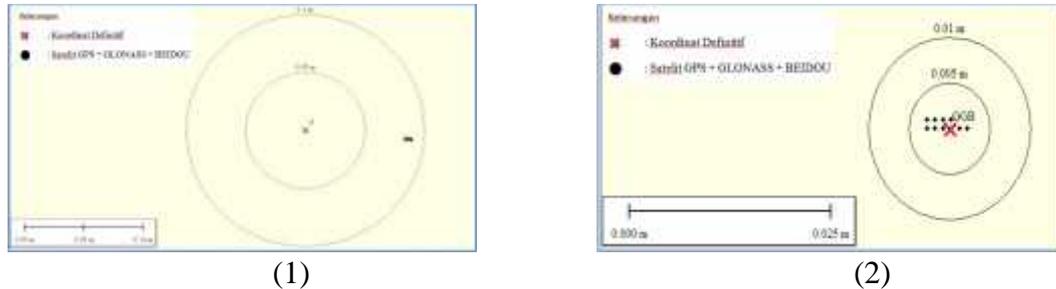
Titik	<i>Northing</i>	<i>Easting</i>	H Ellipsoid
Sedikit Tertutup	9232427.732	790273.556	705.766
Tertutup	9232440.998	790258.947	705.903

4.2 Analisis Plotting Hasil Metode RTK Pada Titik Terbuka

Hasil pengukuran metode RTK dan metode Statik berupa data koordinat 3D (*Northing*, *Easting* dan *H ellipsoid*). Pada metode RTK satelit yang digunakan adalah: GPS + GLONASS + BEIDOU, GPS + GLONASS, GPS + BEIDOU, GLONASS + BEIDOU, GPS ONLY dan BEIDOU ONLY. Tujuannya dari data yang didapatkan untuk melihat hasil akurasi dari pengukuran Statik dengan

menggunakan CORS ITB (base station) dan presisi posisi dengan menggunakan bantuan satelit. Berikut sebaran pada titik Terbuka:

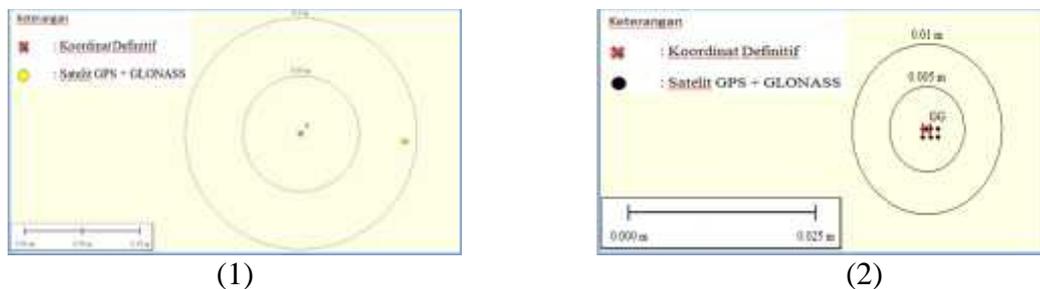
A. Satelit GPS + GLONASS + BEIDOU



Gambar 1 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GPS + GLONASS + BEIDOU

Gambar 1 memiliki nilai RMS sebesar 0.087 m (akurasi) dan juga memiliki nilai RMS 0.002 m (presisi). Hal ini menunjukkan bahwa pada titik terbuka dengan memanfaatkan ketiga kombinasi satelit mempunyai tingkat akurasi yang baik dan tingkat presisi yang sangat baik. Titik sebaran akurasi berada didalam 0.1 m dan titik sebaran presisi berada di dalam radius 0.005 m.

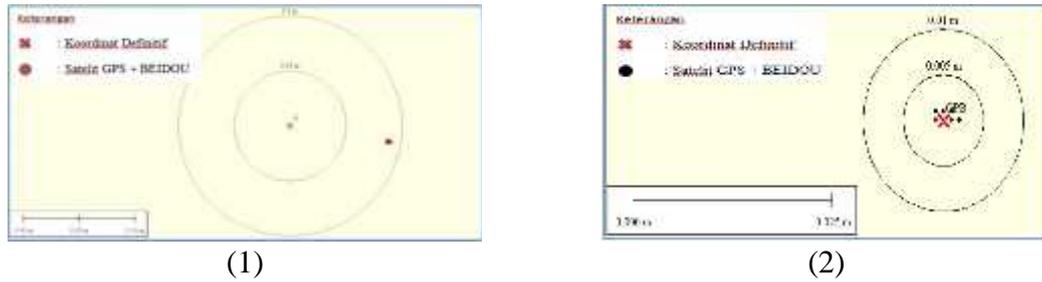
B. Satelit GPS+GLONASS



Gambar 2 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan presisi (2) dengan satelit GPS + GLONASS

Gambar 2 memiliki nilai RMS sebesar 0.090 m (akurasi) sedangkan pada presisi memiliki nilai RMS 0.001 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik terbuka dengan memanfaatkan satelit GPS + GLONASS juga mempunyai tingkat akurasi yang baik dan tingkat presisi sangat baik. Titik sebaran akurasi berada didalam 0.1 m dan titik sebaran presisi berada di dalam radius 0.005 m.

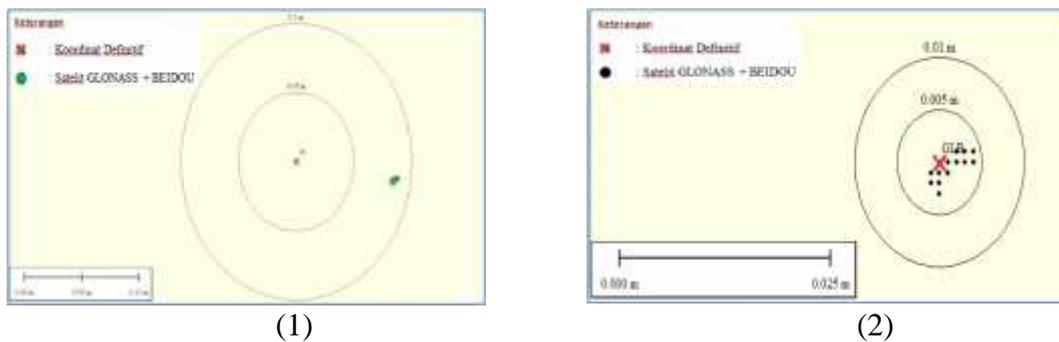
C. Satelit GPS+BEIDOU



Gambar 3 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GPS + BEIDOU

Gambar 3 memiliki nilai RMS sebesar 0.090 m (akurasi) sedangkan pada untuk presisi memiliki nilai RMS 0.001 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik terbuka dengan memanfaatkan satelit GPS + BEIDOU mempunyai tingkat akurasi yang baik dan tingkat presisi yang sangat baik. Titik sebaran akurasi berada didalam 0.1 m dan titik sebaran presisi berada di dalam radius 0.005 m.

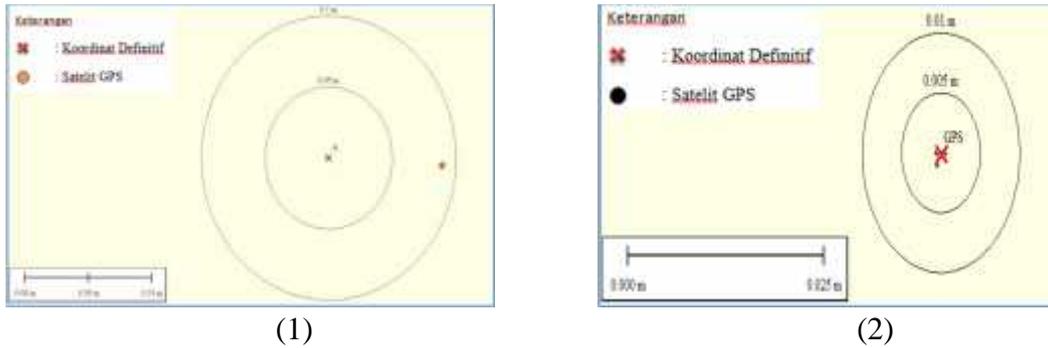
D. Satelit GLONASS+BEIDOU



Gambar 4 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GLONASS + BEIDOU

Gambar 4 memiliki nilai RMS sebesar 0.086 m (akurasi) sedangkan pada untuk presisi memiliki nilai RMS 0.002 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik terbuka dengan memanfaatkan satelit GLONASS + BEIDOU mempunyai tingkat akurasi yang baik dan tingkat presisi sangat baik. Titik sebaran akurasi berada didalam 0.1 m dan titik sebaran presisi berada di dalam radius 0.005 m.

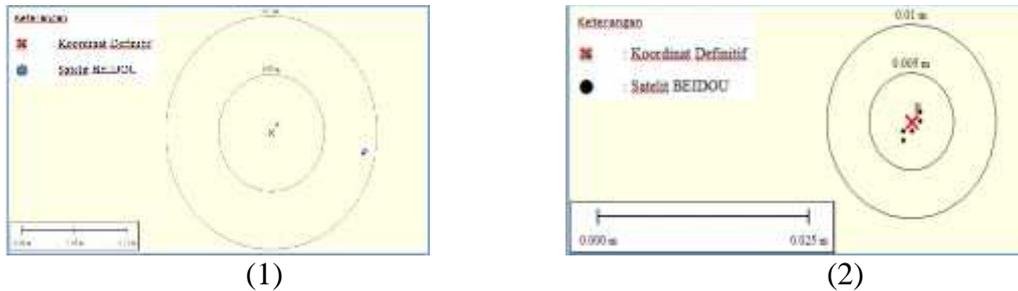
E. Satelit GPS ONLY



Gambar 5 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GPS ONLY

Gambar 5 memiliki nilai RMS sebesar 0.090 m (akurasi) sedangkan pada untuk presisi memiliki nilai RMS 0.001 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik terbuka dengan memanfaatkan satelit GPS ONLY mempunyai tingkat akurasi yang baik dan tingkat presisi yang sangat baik. Titik sebaran akurasi berada didalam 0.1 m dan titik sebaran presisi berada di dalam radius 0.005 m

F. Satelit BEIDOU ONLY

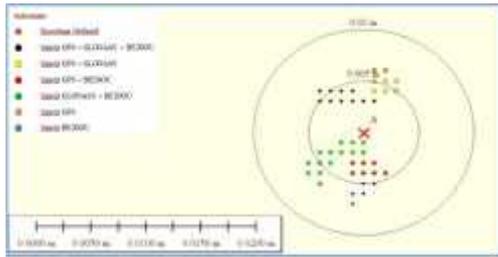


Gambar 6 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit BEIDOU ONLY

Gambar 6 memiliki nilai RMS sebesar 0.089 m (akurasi) sedangkan pada sebaran titik presisi memiliki nilai RMS 0.001 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik terbuka dengan memanfaatkan satelit BEIDOU ONLY mempunyai tingkat akurasi yang baik dan tingkat presisi yang sangat baik. Titik sebaran akurasi berada didalam 0.1 m dan titik sebaran presisi berada di dalam radius 0.005 m.



Gambar 7 Hasil sebaran titik akurasi keseluruhan pada titik terbuka



Gambar 8 Hasil sebaran titik presisi keseluruhan pada titik terbuka

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada titik terbuka, memiliki nilai akurasi yang cukup baik berada pada radius < 0.1 m. Pada titik terbuka mempunyai nilai RMS sebesar 0.086 m sampai 0.090 m. Sedangkan, pada Gambar 8 untuk tingkat presisi juga menunjukkan hasil yang sangat baik, berada di radius < 0.005 m hingga radius 0.01 m. Hasil koordinat pada titik terbuka akan dilampirkan pada lembar lampiran.

Tabel 3 Hasil waktu menerima data pada titik terbuka

NO	SATELIT	WAKTU	SOLUSI
1.	GPS + GLONASS + BEIDOU	1 s	Fixed
2.	GPS + GLONASS	3 s	Fixed
3.	GPS + BEIDOU	1 s	Fixed
4.	GLONASS + BEIDOU	10 s	Fixed
5.	GPS	1 s	Fixed
6.	BEIDOU	1 s	Fixed

Tabel 3 menunjukkan bahwa pada titik terbuka tidak membutuhkan waktu lama untuk mendapatkan fixed dengan waktu berkisar 1 s sampai 10 s. Satelit GPS + GLONASS + BEIDOU, GPS + BEIDOU, GPS, dan BEIDOU membutuhkan waktu fixed sebesar 1 s, sedangkan pada satelit GPS + GLONASS sebesar 3 s dan untuk satelit GLONASS + BEIDOU membutuhkan waktu paling lama sebesar 10 s.

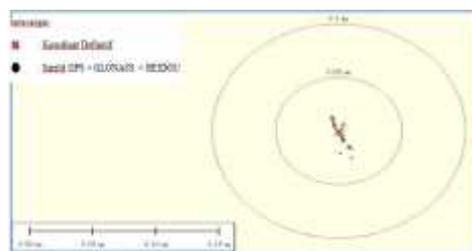
4.3 Analisis Plotting Hasil Metode RTK Pada Titik Sedikit Tertutup & Tertutup

Berikut hasil akurasi dan presisi pada titik sedikit tertutup:

A. Satelit GPS + GLONASS + BEIDOU



(1)

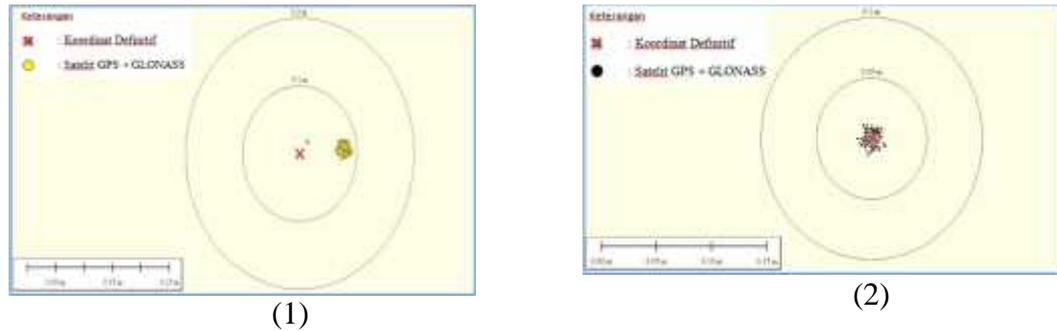


(2)

Gambar 9 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GPS + GLONASS + BEIDOU

Gambar 9 memiliki nilai RMS sebesar 0.097 m (akurasi) sedangkan pada untuk presisi memiliki nilai RMS 0.011 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik sedikit tertutup dengan memanfaatkan satelit GPS + GLONASS + BEIDOU mempunyai tingkat akurasi yang cukup baik dan tingkat presisi yang baik. Titik sebaran akurasi berada didalam radius 0.1 m hingga radius 0.2 m dan titik sebaran presisi berada di dalam radius 0.05 m.

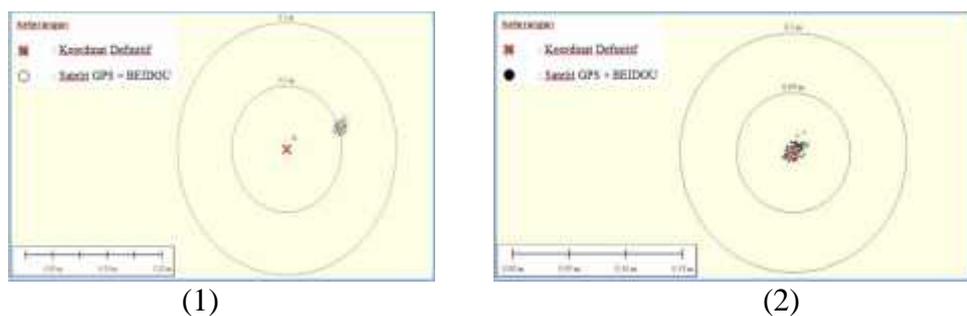
B. Satelit GPS + GLONASS



Gambar 10 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GPS + GLONASS

Gambar 10 memiliki nilai RMS sebesar 0.078 m (akurasi) sedangkan pada untuk presisi memiliki nilai RMS 0.007 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik sedikit tertutup dengan memanfaatkan satelit GPS + GLONASS mempunyai tingkat akurasi yang cukup baik dan tingkat presisi yang baik. Titik sebaran akurasi berada didalam radius 0.1 m dan titik sebaran presisi berada di dalam radius 0.05 m.

C. Satelit GPS + BEIDOU

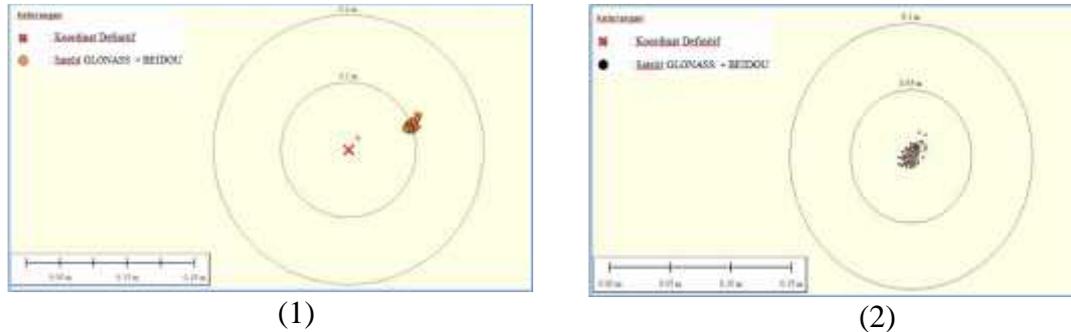


Gambar 11 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GPS + BEIDOU

Gambar 11 memiliki nilai RMS sebesar 0.103 m (akurasi) sedangkan pada untuk presisi memiliki nilai RMS 0.005 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik sedikit tertutup dengan memanfaatkan satelit GPS + BEIDOU mempunyai tingkat akurasi yang cukup baik dan tingkat presisi yang baik. Titik sebaran akurasi berada pada

radius 0.1 m sampai radius 0.2 m dan titik sebaran presisi berada di dalam radius 0.05 m.

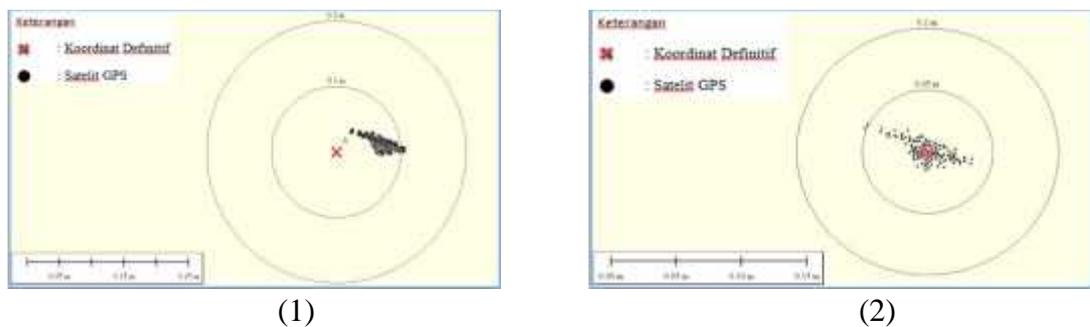
D. Satelit GLONASS + BEIDOU



Gambar 12 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GLONASS + BEIDOU

Gambar 12 memiliki nilai RMS sebesar 0.100 m (akurasi) sedangkan pada untuk presisi memiliki nilai RMS 0.006 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik sedikit tertutup dengan memanfaatkan satelit GLONASS + BEIDOU mempunyai tingkat akurasi yang cukup baik dan tingkat presisi yang baik. Titik sebaran akurasi berada pada radius 0.1 m sampai radius 0.2 m dan titik sebaran presisi berada di dalam radius 0.05 m.

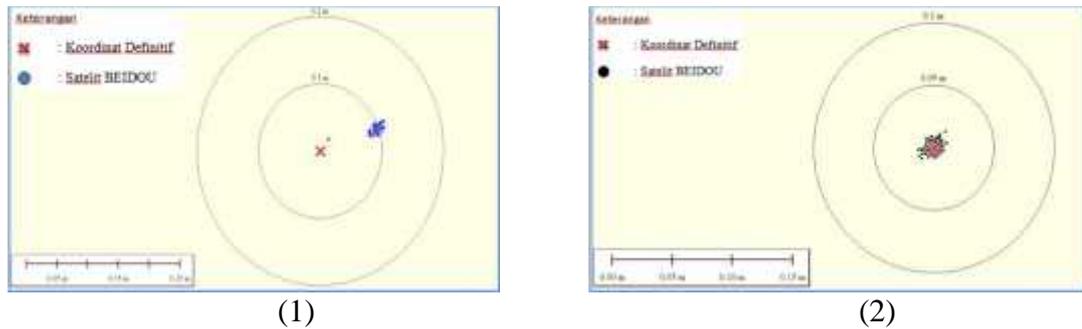
E. Satelit GPS



Gambar 13 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GPS

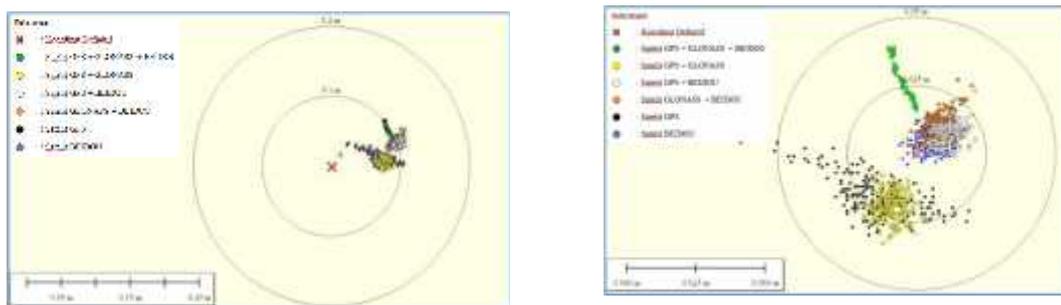
Gambar 13 memiliki nilai RMS sebesar 0.073 m (akurasi) sedangkan pada untuk presisi memiliki nilai RMS 0.015 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik sedikit tertutup dengan memanfaatkan satelit GPS mempunyai tingkat akurasi yang baik dan tingkat presisi yang cukup baik. Titik sebaran akurasi berada pada radius 0.1 m sampai radius 0.2 m dan titik sebaran presisi berada di dalam radius 0.05 m hingga radius 0.1 m.

F. Satelit BEIDOU



Gambar 14 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit BEIDOU

Gambar 14 memiliki nilai RMS sebesar 0.098 m (akurasi) sedangkan pada titik presisi memiliki nilai RMS 0.006 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik sedikit tertutup dengan memanfaatkan satelit BEIDOU mempunyai tingkat akurasi yang baik dan tingkat presisi yang baik. Titik sebaran akurasi berada pada radius 0.1 m sampai 0.2 m dan titik sebaran presisi berada di dalam radius 0.05 m.



Gambar 15 Hasil sebaran titik akurasi keseluruhan pada titik sedikit tertutup

Gambar 16 Hasil sebaran titik presisi keseluruhan pada titik sedikit tertutup

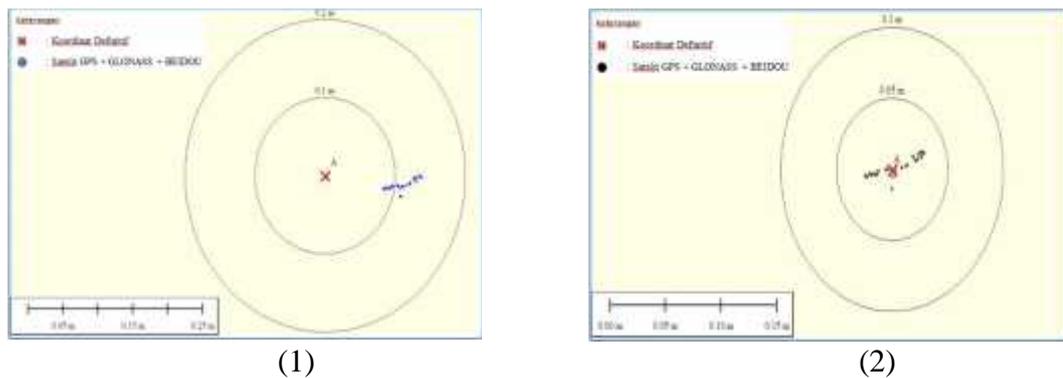
Gambar 15 menunjukkan bahwa pada titik sedikit tertutup, memiliki nilai akurasi yang cukup baik karena mempunyai nilai RMS sebesar 0.073 m hingga 0.103 m. sebaran titik akurasi berada pada radius < 0.1 m hingga 0.2 m. Nilai akurasi yang di dapat cukup besar, disebabkan terjadinya multipath, yang mengganguya sinyal satelit serta koreksi RTK pada titik ini. Selanjutnya, pada Gambar 16 hasil sebaran titik presisi berada di radius < 0.025 m hingga radius sampai 0.050 m. Satelit BEIDOU mempunyai tingkat presisi yang baik berada pada radius < 0.025 m. Sedangkan satelit GPS + GLONASS + BEIDOU, GLONASS + BEIDOU, GPS + GLONASS, GPS + BEIDOU, dan BEIDOU memiliki tingkat presisi berada pada radius < 0.025 m sampai 0.05 m, dan untuk satelit GPS mempunyai beberapa titik yang berada pada radius > 0.05 m. Hasil koordinat pada titik sedikit tertutup akan dilampirkan pada lembar lampiran.

Tabel 4 Hasil waktu menerima data pada titik sedikit tertutup

NO	SATELIT	WAKTU	SOLUSI
1.	GPS + GLONASS + BEIDOU	1 s	<i>Fixed</i>
2.	GPS + GLONASS	1 s	<i>Fixed</i>
3.	GPS + BEIDOU	1 s	<i>Fixed</i>
4.	GLONASS + BEIDOU	5 s	<i>Fixed</i>
5.	GPS	1 s	<i>Fixed</i>
6.	BEIDOU	2 s	<i>Fixed</i>

Tabel 4 menunjukkan waktu menerima data yang di dapatkan dengan menggunakan berbagai satelit pada titik sedikit tertutup. Waktu yang dibutuhkan untuk menerima data dengan solusi *fixed* yaitu sebesar 1 s sampai 5 s. Satelit GPS + GLONASS + BEIDOU, GPS + GLONASS, GPS + BEIDOU dan GPS membutuhkan waktu sebesar 1 s, sedangkan satelit BEDOU membutuhkan waktu sebesar 2 s dan GLONASS + BEIDOU sebesar 5 s. Berikut hasil akurasi dan presisi pada titik tertutup:

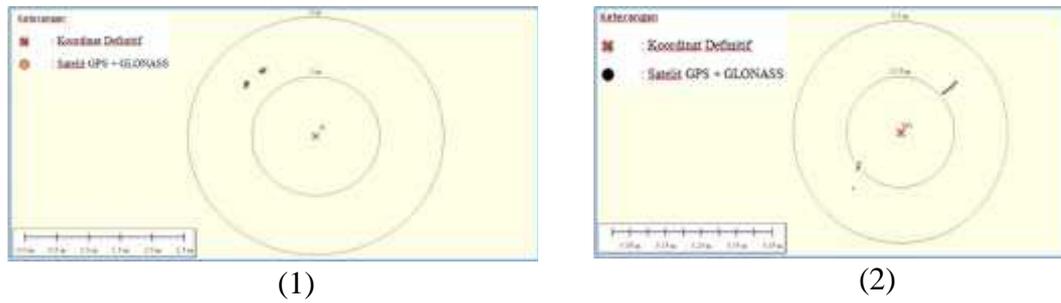
A. Satelit GPS + GLONASS + BEIDOU



Gambar 17 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GPS + GLONASS + BEIDOU

Gambar 17 memiliki nilai RMS sebesar 0.110 m (akurasi) sedangkan pada untuk presisi memiliki nilai RMS 0.017 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik tertutup dengan memanfaatkan satelit GPS + GLONASS + BEIDOU mempunyai tingkat akurasi yang baik dan tingkat presisi yang cukup baik. Titik sebaran akurasi berada pada radius 0.1 m sampai radius 0.2 m dan titik sebaran presisi berada di dalam radius 0.05 m.

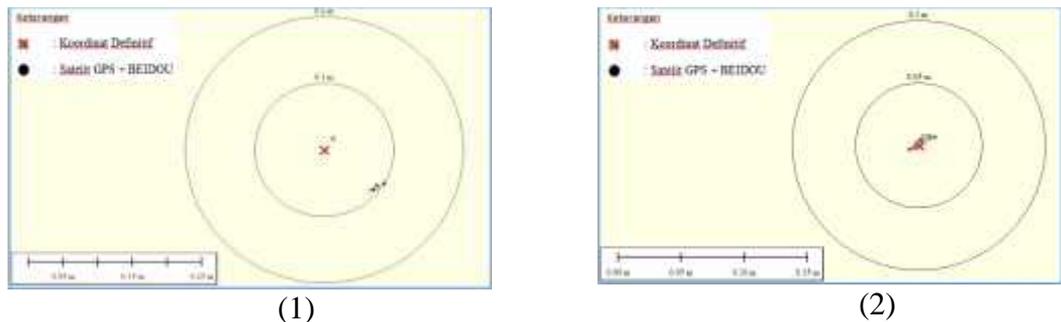
B. Satelit GPS + GLONASS



Gambar 18 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GPS + GLONASS

Gambar 18 memiliki nilai RMS sebesar 1.640 m (akurasi) sedangkan pada titik tertutup dengan memanfaatkan satelit GPS + GLONASS mempunyai tingkat akurasi dan presisi yang kurang baik. Titik sebaran akurasi berada pada radius 1 m sampai radius 2 m dan titik sebaran presisi radius < 0.3 m.

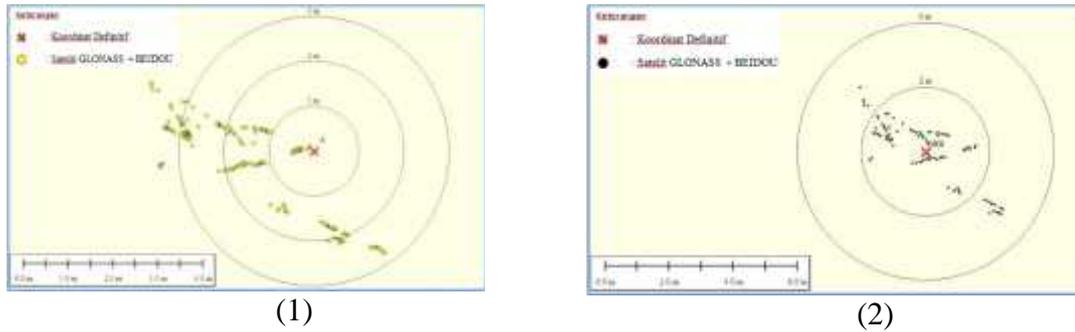
C. Satelit GPS + BEIDOU



Gambar 19 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GPS + BEIDOU

Gambar 19 memiliki nilai RMS sebesar 0.094 m (akurasi) sedangkan pada titik tertutup dengan memanfaatkan satelit GPS + BEIDOU mempunyai tingkat akurasi dan presisi yang baik. Titik sebaran akurasi berada didalam radius 0.1 m dan titik sebaran presisi berada pada radius 0.05 m.

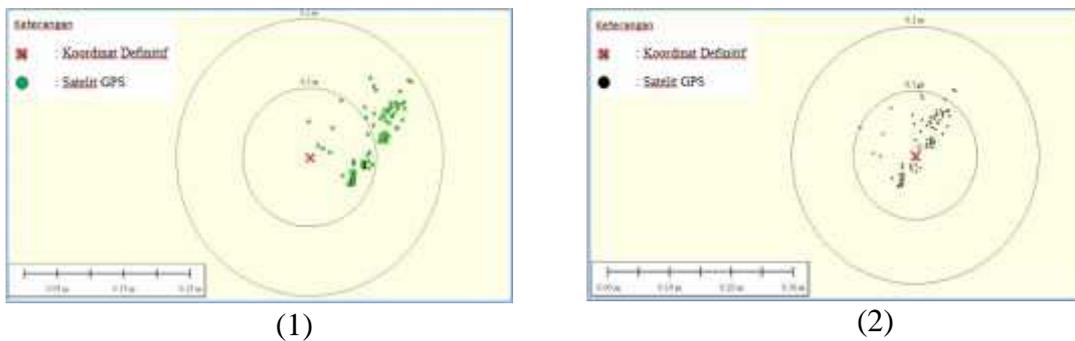
D. Satelit GLONASS+ BEIDOU



Gambar 20 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GLONASS + BEIDOU

Gambar 20 memiliki nilai RMS sebesar 2.356 m (akurasi) sedangkan pada untuk presisi memiliki nilai RMS 1.554 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik tertutup dengan memanfaatkan satelit GLONASS + BEIDOU mempunyai tingkat akurasi dan presisi yang sangat buruk. Titik sebaran akurasi berada di radius < 1 m hingga 3 m, dan ada beberapa titik yg radius > 3 m. Selanjutnya, titik sebaran presisi berada pada radius < 2 m hingga radius 4 m.

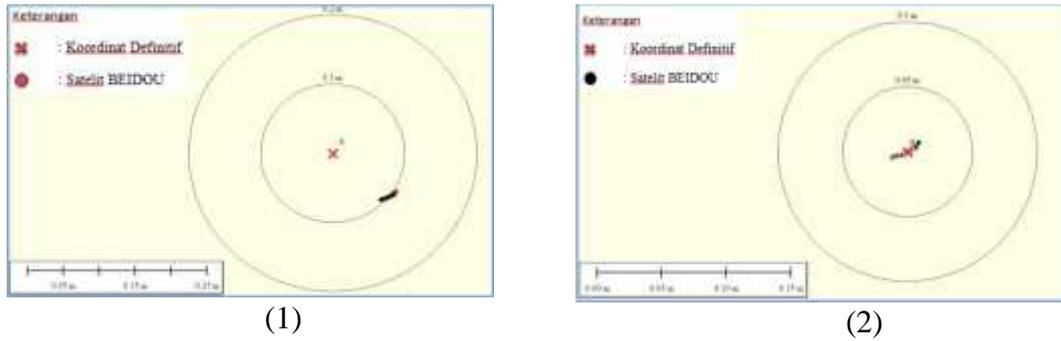
E. Satelit GPS



Gambar 21 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit GPS

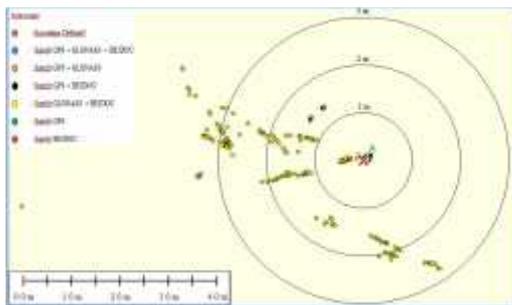
Gambar 21 memiliki nilai RMS sebesar 0.100 m (akurasi) sedangkan pada untuk presisi memiliki nilai RMS 0.047 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik tertutup dengan memanfaatkan satelit GPS mempunyai tingkat akurasi yang baik dan presisi yang kurang baik. Titik sebaran akurasi berada didalam radius < 0.1 m hingga 0.2 m. Selanjutnya, titik sebaran presisi berada pada radius < 0.1 m dan beberapa titik berada di radius < 0.2 m.

F. Satelit BEIDOU

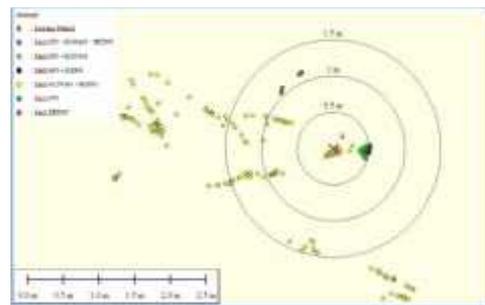


Gambar 22 Hasil sebaran titik akurasi (1) dan titik presisi (2) dengan satelit BEIDOU

Gambar 22 memiliki nilai RMS sebesar 0.101 m (akurasi) sedangkan pada untuk presisi memiliki nilai RMS 0.007 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik tertutup dengan memanfaatkan satelit BEIDOU mempunyai tingkat akurasi dan presisi yang baik. Titik sebaran akurasi berada didalam radius < 0.1 m hingga 0.2 m. Selanjutnya, titik sebaran presisi berada pada radius < 0.05 m.



Gambar 23 Hasil sebaran titik akurasi keseluruhan pada titik tertutup



Gambar 24 Hasil sebaran titik presisi keseluruhan pada titik tertutup.

Gambar 23 pada sebaran titik akurasi mempunyai nilai RMS sebesar 0.094 m hingga 2.356 m. Nilai sebaran akurasi yang cukup baik berada pada satelit GPS + GLONASS + BEIDOU, GPS + BEIDOU, GPS dan BEIDOU. Sedangkan, untuk satelit GPS + GLONASS dan GLONASS + BEIDOU mendapatkan nilai akurasi yang kurang baik. Hal ini menyebabkan terjadinya multipath, yang mengganggu sinyal satelit serta koreksi RTK pada titik tertutup. Selanjutnya, pada Gambar 24 hasil sebaran titik presisi yang baik berada pada satelit GPS + GLONASS + BEIDOU, GPS + BEIDOU, GPS dan BEIDOU (berada radius < 0.5 m hingga 1 m) sedangkan untuk sebaran titik presisi yang kurang baik, ada pada satelit GPS + GLONASS dan GLONASS + BEIDOU (berada di radius > 1 m hingga > 1.5 m). Hasil koordinat pada titik tertutup akan dilampirkan pada lembar lampiran.

Tabel 5 Hasil waktu menerima data pada titik tertutup

NO	SATELIT	WAKTU	SOLUSI
1.	GPS + GLONASS + BEIDOU	15 s	<i>Fixed</i>
2.	GPS + GLONASS	40 s	<i>Fixed</i>
3.	GPS + BEIDOU	110 s	<i>Fixed</i>
4.	GLONASS + BEIDOU	60 s	<i>Float</i>
5.	GPS	212 s	<i>Fixed</i>
6.	BEIDOU	30 s	<i>Fixed</i>

Tabel 5 menunjukkan waktu menerima data yang di dapatkan dengan menggunakan berbagai satelit pada titik tertutup. Waktu yang dibutuhkan untuk menerima data dengan solusi *fixed* yaitu sebesar 15 s sampai 212 s. Satelit GPS + GLONASS + BEIDOU menunjukkan waktu yang cepat untuk menerima data dengan solusi *fixed* sebesar 15 s, satelit BEIDOU dan GPS + GLONASS membutuhkan waktu sebesar 30 s dan 40 s, sedangkan GPS + BEIDOU dan GPS berturut-turut mendapatkan waktu sebesar 110 s dan 212 s dan satelit GLONASS + BEIDOU mendapatkan waktu sebesar 60 s dengan solusi *float*.

4.4 Analisis Waktu Terhadap Pengukuran

Teknologi yang dibutuhkan pada kegiatan survei pemetaan ialah sebuah teknologi yang membutuhkan kecepatan atau efisiensi waktu. Dalam hal ini, ketika melakukan pengukuran yaitu solusi pengukuran akan mempengaruhi kecepatan waktu survei, semakin bagus solusi data pengukuran yang didapatkan (*fixed*) maka semakin cepat pengukuran metode RTK dilakukan dan akurasi yang dihasilkan akan cukup baik.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data pengukuran, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Berdasarkan hasil sebaran titik akurasi, pada titik terbuka mendapatkan nilai RMS berkisar antara 0.086 m sampai 0.090 m. Satelit GLONASS + BEIDOU mempunyai akurasi yang relatif baik pada titik terbuka (nilai RMS sebesar 0.086 m). Sedangkan, titik sedikit tertutup mendapatkan nilai RMS akurasi berkisar antara 0.073 m sampai 0.103 m. Satelit GPS mempunyai akurasi yang relatif baik pada titik sedikit tertutup (nilai RMS sebesar 0.073 m). Pada titik tertutup mendapatkan nilai RMS berkisar antara 0.094 m sampai 2.356 m. Satelit GPS + BEIDOU mempunyai akurasi yang baik dengan nilai RMS sebesar 0.094 m.
2. Berdasarkan hasil sebaran titik presisi, pada titik terbuka mendapatkan nilai RMS berkisar antara 0.001 m sampai 0.002 m. Satelit GPS + GLONASS, GPS + BEIDOU, GPS dan BEIDOU mempunyai nilai presisi yang relatif baik. Sedangkan, pada titik sedikit tertutup mendapatkan nilai RMS presisi berkisar antara 0.005 m sampai 0.015 m. Satelit GPS + BEIDOU menunjukkan presisi yang relatif baik (nilai RMS sebesar 0.005 m). Selanjutnya, pada titik tertutup nilai RMS yang didapat berkisar 0.006 m sampai 1.554 m. satelit GPS + BEIDOU menunjukkan presisi yang baik dengan nilai RMS sebesar 0.006 m.

3. Berdasarkan waktu menerima data pada titik terbuka membutuhkan waktu berkisar 1 s sampai 10 s, sedangkan pada titik sedikit tertutup membutuhkan waktu berkisar 1 s sampai 5 s, dan pada titik tertutup membutuhkan waktu berkisar antara 15 s sampai 212 s. Kombinasi satelit GPS + GLONASS + BEIDOU mendapatkan waktu yang relatif cepat untuk mendapatkan solusi *fixed*. Waktu menerima data pada titik terbuka membutuhkan selama 1 s, pada titik sedikit tertutup membutuhkan selama 1 s dan titik tertutup membutuhkan waktu selama 15 s.
4. Berdasarkan nilai akurasi, presisi dan waktu yang dibutuhkan untuk menerima data, menggunakan kombinasi satelit GPS + GLONASS + BEIDOU relatif lebih baik pada semua kondisi titik pengukuran.

4.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Pengukuran metode statik dapat dilakukan terlebih dahulu sampai mendapatkan koordinat definitif, agar mempermudah pengukuran RTK dan pengukuran terrestrial.
2. Mendapatkan hasil koordinat yang lebih baik sebaiknya dilakukan pemilihan lokasi survei yang tepat, supaya mendapatkan hasil yang maksimal.
3. Pengukuran dilakukan sebaiknya lebih dari satu kali pada titik yang ditentukan sehingga mendapatkan ukuran lebih.

5. Daftar Pustaka

- Abidin, H.Z., Jones, A., & Kahar, J. 2011. Survei Dengan GPS. Bandung : Penerbit ITB
- Abidin, H.Z. 2007. Penentuan posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Aulia, F., Yuwono, B.D., Awaluddin, M. 2016. *Analisis Ketelitian Spasial Menggunakan Satelit Beidou Untuk Pengukuran Bidang Dengan Metode RTK*. Universitas Diponegoro, Semarang
- Badan Standar Nasional. 2002. Standar Nasional Indonesia Jaring Kontrol Horizontal (SNI-19-6724-2002). BIG: Bogor
- China Satellite Navigation Office. (2010). *Beidou (COMPASS) Navigation Satellite System Development*. Munich Satellite Navigation Summit. Mar. 9th-11th, Munich, Jerman.
- China Satellite Navigation Office. (2010). *Beidou (COMPASS) Navigation Satellite System*. The 5th meeting of International Committee on GNSS. Okt. 18th-22nd, Turin, Italia.
- Hersanto, F.W. 2010. *Evaluasi Aplikasi GNSS CORD-RTK NTRIP untuk Pengukuran TDT (Titik Dasar Teknik) Orde 4*. Teknik Geodesi FT-UGM, Yogyakarta.

- Kaplan E. 1996. *Understanding GPS Principles*, Artech House
- Kemppi, Paul. 2007. *Next Generation Satellite Navigation System*. VTT Tiedotteita – Research Notes 2408, Finland.
- Ningsih, A.E. 2014. *Kajian Pengukuran dan Pemetaan Bidang Tanah Metode DGPS Post Processing Dengan Menggunakan Receiver Trimble Geoxt 3000 Series*. Universitas Diponegoro, Semarang
- Pirti, A., Aliyuel, M., Gumus, K. 2013. *Testing Real Time Kinematic GNSS (GPS and GPS/GLONASS) Method in Obstructed and Unobstructed Sited*. Turkey
- Rudianto, B., Izman, Yan. 2011. *Analiss komparatif ketelitian posisi titik hasil pengukuran dari satelit GPS dan satelit GLONASS*. Institut Teknologi Nasional, Bandung
- Setijadi, A. Matsushima, N. Tanaka dan Hendrantoro. 2009. *Effect of Temperature and Multiple Scattering On Rain Attenuation of Electromagnetic Waves By a Simple Spherical Model*. Kumamoto : University Kumamoto Ltd.
- Sunantyo, T.A. 1999. *Pengantar Survei Pengamatan Satelit Global Positioning System*. Yogyakarta : Diktat Mata Kuliah Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada .
- SOUTH. 2014. *Operator's Manual South Galaxy G1*. Guangzhou, China
- TOPCON. 2013. *Operator's Manual Topcon ES Series*. Tokyo, Jepang
- TOPCON. 2016. *Operator's Manual Topcon GR-5*. Livermore
- Weber. 2005. *Geodetic Reference Frame*. Munich : IAG Symposium Munich.
- Yinlong, Zhang. 1996. *Xi'an Satellite Control Center and China Satellite Telemetry, Tracking, and Control Network*. National Air Intelligence Center. China.