

ANALISIS PENGUKURAN BIDANG TANAH MENGGUNAKAN GNSS RTK-RADIO DAN RTK-NTRIP PADA STASIUN CORS UNDIP

Mualif Marbawi, Bambang Darmo Yuwono, Bambang Sudarsono *)

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
 Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp.(024) 76480785, 76480788
 email : geodesi@undip.ac.id

ABSTRAK

Pengukuran dan pemetaan bidang tanah merupakan sebagian dari kegiatan pendaftaran tanah di Indonesia salah satunya bertujuan untuk menjamin kepastian hukum dan perlindungan kepada pemegang hak atas suatu bidang tanah yang dinyatakan dalam bentuk sertifikat. Peralatan dan perlengkapan yang digunakan biasanya dengan menggunakan alat *theodolite*, *total station* dan pita ukur. Terkait dengan perkembangan dan kemajuan teknologi informasi dan navigasi, kegiatan pengukuran dan pemetaan bidang-bidang tanah dapat dilakukan dengan menggunakan survei GNSS metode RTK (*Real Time Kinematic*) baik RTK-Radio maupun RTK-NTRIP.

Pada penelitian ini dilakukan adalah pengukuran bidang tanah dengan beberapa kriteria luasan bidang menggunakan GNSS metode RTK-Radio dan RTK-NTRIP beserta pengaruh panjang *baselinenya*. Lokasi penelitian ini berada di daerah Mulawarman dengan panjang baseline 1,5 km dan di daerah Marina dengan panjang baseline 11 km dari stasiun CORS UNDIP. Kemudian hasil pengukuran di hitung nilai kesalahan linear, kesalahan jarak, kesalahan elevasi, perbedaan luas, dan uji obstruksi, sedangkan uji jangkauan hanya untuk RTK-Radio. Untuk validasi hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran *electronic total station*.

Hasil pengukuran bidang tanah menggunakan GNSS metode RTK-Radio dengan panjang *baseline* < 400 m dan dengan luasan bidang < 520 m² diperoleh akurasi luas dengan standar deviasi $\pm 1,986 \text{ m}^2$ sedangkan untuk RTK-NTRIP dengan panjang *baseline* 1,5 – 11 km diperoleh akurasi luas dengan standar deviasi berkisar antara $\pm 2,622$ hingga $\pm 4,075 \text{ m}^2$, untuk uji jangkauan dengan RTK-Radio diperoleh jangkauan maksimal sejauh 420 m, untuk uji obstruksi kategori obstruksi ringan dan sedang diperoleh solusi pengukuran *fix* sedangkan untuk obstruksi sedang sampai berat seperti bangunan dan gedung tinggi didapat solusi pengukuran *float* and *autonomous*. Dan dari uji ketelitian peta memenuhi standar produksi pembuatan peta dengan skala 1 : 500.

Kata Kunci : Bidang Tanah, GNSS, RTK-Radio, RTK-NTRIP

ABSTRACT

Survey and mapping of land use is a part of land registry activities in Indonesia, one of which aims to guarantee legal certainty and the protection of the rights of a holder to land parcels that are expressed in the form of the certificate. Normally theodolite, total station are the tools used. Related on to the development and advancement of information technology and the current survey of the activities of navigation and mapping areas of land can be done by using the method of GNSS RTK (Real Time Kinematic) surveying to kinds of RTK-Radio or RTK-NTRIP.

In this research is the measurement of several land parcels with an area of the field criteria using RTK GNSS RTK-Radio and RTK-NTRIP method along with the influence of the baseline length. The location of this research is in the area Mulawarman with baseline length of 1.5 km and in the Marina area with length baseline 11 km from UNDIP CORS station. Then the measurement results calculated value linear error, fault distance, elevation error, vast differences, and obstruction test, meanwhile the test range only for RTK-Radio. To validate the measurement results are compared with the results of measurements by electronic total station.

The results of the measurements of land using GNSS RTK-Radio method with a long baseline < 400 m and with a total area of field < 520 m² wide accuracy obtained with a standard deviation around $\pm 1,986 \text{ m}^2$ meanwhile for RTK-NTRIP with long baseline 1.5 – 11 km wide accuracy obtained with standard deviation ranges between $\pm 2,622$ to $\pm 4,075 \text{ m}^2$, to test the range of the RTK-Radio obtained the maximum range as far as 420 m, for the obstruction test with mild obstruction and medium obstruction category obtained a fix measurement solutions meanwhile for moderate to severe obstruction such as buildings and tall buildings acquired measurement solutions float and even autonomous. And the accuracy test meets the standard map production with a scale of 1: 500.

Keywords : Land Use, GNSS, RTK-Radio, RTK-NTRIP

*) Penulis, Penanggungjawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Pengukuran dan pemetaan bidang tanah merupakan bagian dari kegiatan pendaftaran tanah di Indonesia salah satunya bertujuan untuk menjamin kepastian hukum dan perlindungan kepada pemegang hak atas suatu bidang tanah yang dinyatakan dalam bentuk sertipikat. Peralatan dan perlengkapan yang digunakan biasanya dengan menggunakan alat *theodolite*, *total station* dan pita ukur.

Penggunaan pita ukur untuk keperluan pengukuran jarak sampai saat ini masih digunakan untuk pengukuran tanah. Jarak yang diperoleh kemudian digunakan untuk penghitungan luas bidang. Sampai saat ini sebagian besar pengukuran bidang tanah untuk kepentingan BPN dan PBB dilakukan secara terestris dengan cara pengukuran langsung menggunakan pita ukur. Kendala yang dihadapi pada pengukuran menggunakan pita ukur adalah keterbatasan jika digunakan pada objek yang luas dengan jumlah yang banyak. Disamping itu pula pengolahan data dan penyajiannya memerlukan waktu yang relatif lama [Yuwono B.D. dkk., 2011].

Kegiatan pengukuran meliputi pengukuran batas-batas bidang tanah dengan mengacu pada titik-titik dasar teknik yang dinyatakan dalam bentuk pilar orde 2, 3, dan 4 yang diselenggarakan oleh BPN-RI (Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia). Namun sehubungan dengan perkembangan dan kemajuan teknologi informasi dan navigasi saat ini kegiatan pengukuran dan pemetaan bidang-bidang tanah dapat dilakukan dengan menggunakan metode survei GNSS.

Perlu diketahui saat ini GNSS merupakan satu-satunya metode yang sangat baik dalam penentuan posisi, ketelitian yang didapatkan dalam penentuan posisi mencapai mm untuk sumbu (X,Y), cm/s dalam penentuan kecepatannya dan nanodetik untuk ketelitian waktunya. Ketelitian dalam penentuan posisi yang diperoleh dipengaruhi oleh berbagai macam faktor antara lain; metode penentuan posisi yang digunakan, geometri satelit, jenis alat yang digunakan, proses pengolahan data, lama pengamatan, dan gangguan-gangguan bias troposfer, ionosfer, maupun *multipath*.

Dari beberapa metode penentuan posisi dengan GPS saat ini tentu akan mendapatkan nilai koordinat dan ketelitian yang berbeda-beda dari masing-masing metode yang digunakan, sehingga perlunya menguji ketelitian dari berbagai metode tersebut, dalam hal ini penulis akan melakukan penelitian menganalisis perbandingan ketelitian pengukuran bidang tanah menggunakan GNSS RTK-Radio dan RTK-NTRIP

pada stasiun CORS UNDIP. *Receiver* GNSS yg digunakan unttuk kegiatan penelitian tugas akhir ini adalah Topcon Hiper II dual frekuensi.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa ketelitian posisi horisontal (X,Y), jarak antar titik, luas bidang tanah, dan elevasi hasil pengukuran bidang tanah dengan metode RTK-Radio dan RTK-NTRIP?
2. Berapa jarak optimum pengukuran dengan RTK-Radio?
3. Bagaimana hasil pengukuran di daerah terbuka dan daerah yang terdapat obstruksi?

I.3 Batasan Masalah

Untuk menjelaskan permasalahan yang akan dibahas dan agar tidak terlalu jauh dari kajian masalah, maka penelitian ini akan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Pengukuran dilakukan untuk pengukuran 30 bidang tanah.
2. Pengukuran RTK-NTRIP diikatkan pada stasiun CORS Teknik Geodesi UNDIP.
3. Lokasi pengukuran dilakukan di dua tempat dengan jarak *baseline* kurang dari 10 km dan lebih dari 10 km dari CORS UNDIP.
4. Kedudukan *base station* dari dua metode tersebut dianggap sama.
5. Uji Validasi dilakukan dengan *total station*.

I.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun tujuan Penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini, adalah:

1. Untuk mengetahui ketelitian pengukuran bidang tanah dengan metode RTK-Radio dan RTK-NTRIP.
2. Untuk mengetahui jarak optimum pengukuran RTK-Radio.
3. Untuk mengetahui hasil pengukuran di daerah terbuka dan daerah terdapat obstruksi.

I.5 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di daerah Mulawarman selatan Semarang dan daerah pantai Marina Semarang dengan panjang *baseline* 1,5 – 11 km dari stasiun CORS UNDIP.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Sistem CORS (*Continuously Operating Reference Station*)

Perkembangan GPS saat ini telah memungkinkan beroperasinya sistem CORS, sebuah alat yang dapat menerima sinyal-sinyal GPS tanpa adanya gangguan. CORS harus dapat menyimpan

data dan dalam keadaan tertentu melakukan pengolahan data dan kemudian mengirimkan data tersebut ke rover untuk kepentingan pengguna.

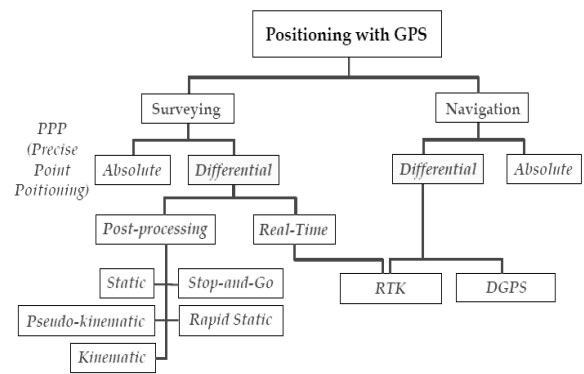
Tiap-tiap jaringan CORS terdiri dari beberapa stasiun CORS yang saling terhubung dengan komunikasi yang memungkinkan perhitungan secara *real-time*. Tiap stasiun, paling tidak terdiri dari satu receiver geodetik, satu antena, saluran komunikasi data dan *power supply*. Jaringan CORS yang baik dan dilengkapi dengan sistem komunikasi data yang lancar akan memungkinkan stasiun-stasiun CORS tersebut untuk mengirimkan *raw data* ke server pusat.

Layanan penggunaan CORS secara umum terbagi menjadi 2, yaitu untuk pengolahan data *post-processing* dan untuk *real-time processing*. Pada jaringan *offline* yang menyediakan informasi data-data pada user untuk *post-processing* data, file data disimpan menggunakan format data RINEX (*receiver independent exchange format*). Sementara untuk kepentingan *online network*, aplikasi yang digunakan adalah *real-time kinematic* (RTK) dengan format RTCM (*Radio Technical Commission for Maritime Services*) yang biasa digunakan untuk transmisi data. Format RTCM adalah format data standar internasional yang digunakan dalam transmisi *real-time* data untuk koreksi diferensial GPS dari stasiun-stasiun CORS ke rover yang digunakan oleh user [Azmi, Moehammad., 2012].

II.2. Prinsip Penentuan Posisi dengan GPS.

Metode penentuan posisi dengan GPS pertama-tama terbagi dua, yaitu metode absolut, dan metode diferensial. Masing-masing metode kemudian dapat dilakukan dengan cara *real-time* dan *post-processing*. Prinsip penentuan posisi dengan GPS yaitu menggunakan metode reseksi jarak, dimana pengukuran jarak dilakukan secara simultan ke beberapa satelit yang telah diketahui koordinatnya. Pada pengukuran GPS, setiap epoknya memiliki empat parameter yang harus ditentukan yaitu 3 (tiga) parameter koordinat X, Y, Z atau L,B,h dan satu parameter kesalahan waktu akibat ketidaksinkronan jam osilator di satelit dengan jam di receiver GPS. Oleh karena diperlukan minimal pengukuran jarak ke empat satelit.

Secara umum metode dan sistem penentuan posisi dengan GPS dapat diklasifikasikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.1 Berikut :



Gambar II.1. Metode Pengukuran dengan GPS [Abidin, H.Z., 2007]

II.3. Sistem RTK (Real Time Kinematic)

Sistem RTK (*Real-time kinematic*) adalah suatu sistem penentuan posisi *Real-time* secara *differential* menggunakan data fase. Dalam hubungannya untuk memberikan data *real-time*, stasiun referensi harus mengirimkan data fase dan *pseudorange* kepada pengguna secara *real-time* menggunakan sistem komunikasi data. Stasiun referensi dan pengguna harus dilengkapi dengan suatu sistem pemancar dan penerima data yang dapat berfungsi dengan baik sehingga komunikasi data dapat berjalan dengan baik.

Ketelitian posisi yang diberikan oleh sistem RTK sekitar 1-5 cm, dengan syarat bahwa ambiguitas fase dapat ditentukan secara benar. Salah satu hal yang harus diatasi adalah penentuan ambiguitas fase dengan menggunakan jumlah data yang terbatas dan juga dengan receiver yang bergerak merupakan hal yang cukup susah. Mekanisme penentuan ambiguitas fase pada metode RTK dinamakan *on fly ambiguity* [Abidin, 2007].

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

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

Survei real-time kinematik mensyaratkan bahwa dua penerima dioperasikan secara bersamaan. Pada metode ini bahwa gelombang radio digunakan untuk mengirimkan koreksi ke rover. Salah satu receiver menempati stasiun referensi dan melakukan pengamatan GPS statik untuk mengirimkan koreksi ke rover. Pengukuran GPS dari kedua penerima diproses secara *Real-time* oleh komputer onboard unit

untuk menghasilkan penentuan titik dengan cepat. Karena posisi titik dengan akurasi tinggi dapat segera peroleh, *Real-time* survei kinematik juga bisa digunakan untuk pengukuran konstruksi [Sheng, L.L., 2003].

II.5. NRTK (*Network Real Time Kinematic*)

NRTK merupakan sebuah metode penentuan posisi secara relatif dari pengamatan GNSS dengan mengirimkan koreksi data GPS/GLONASS (dalam format RTCM) melalui jaringan internet. Metode ini biasa disebut NRTK adalah suatu metode penentuan posisi secara diferensial yang merupakan pengembangan dari *single base* RTK. [Martin dan Herring, 2009 dikutip dalam Hafiz E.G., 2014].

Prinsip kerja NRTK adalah dengan perekaman data yang dilakukan oleh stasiun-stasiun referensi dari satelit GNSS secara kontinyu yang kemudian disimpan dan dikirim ke server NRTK melalu jaringan internet. Data yang dikirimkan dalam format data mentah yang oleh server digunakan sebagai bahan untuk melakukan koreksi data yang dapat digunakan oleh pengguna. Data tersebut diolah dan disimpan dalam bentuk RINEX yang dapat digunakan untuk *post-processing* ataupun dalam bentuk RTCM yang dikirimkan kepada receiver yang membutuhkan koreksi data dari stasiun referensi. Komunikasi antara rover dengan server NRTK dilakukan dengan menggunakan jaringan GSM/GPRS/CDMA, sehingga dapat memperoleh koreksi hasil hitungan dengan metode *Area Correction Parameter* (ACP/FKP) atau *Master Auxiliary Concept* (MAC) atau *Virtual Reference Station* (VRS) melalui jaringan internet.

III. Metodologi Penelitian

III.1. Alat Yang Digunakan

- 1) Receiver GNSS Topcon Hiper II Dual Frekuensi
- 2) Receiver GNSS Topcon Hiper Gb Dual Frekuensi
- 3) Controller Topcon FC-250
- 4) Topcon total station GTS-235
- 5) Dan Alat Pendukung Survey Lainnya

III.2 Data Penelitian

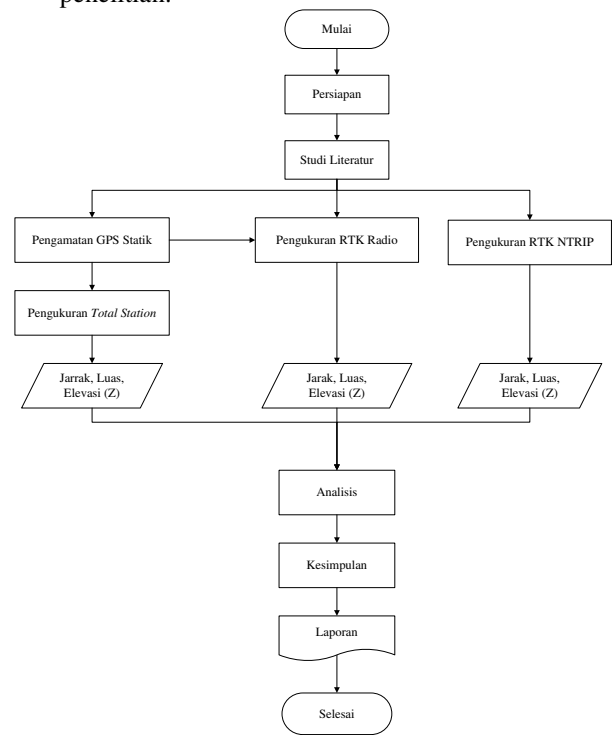
Data yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

- 1) Data Koordinat CORS Undip.
- 2) Data Koordinat hasil pengukuran GPS Statik
- 3) Data Pengukuran bidang tanah menggunakan GNSS Metode RTK-Radio dan RTK-NTRIP yang diperoleh pada tanggal 1 – 5 April 2015.

- 4) Data Pengukuran total station untuk keperluan validasi.

III.3 Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode RTK-Radio dan RTK-NTRIP dengan diikatkan ke Stasiun CORS Undip. Berikut ini diagram alir pelaksanaan penelitian:



Gambar III.1. Diagram Alir Penelitian

1. Pengolahan Data GPS

Pada penelitian ini pengolahan data yang dilakukan adalah data pengamatan GNSS metode statik guna keperluan pengadaan titik kontrol. Dalam pengolahan data GNSS ini menggunakan software Topcon Tools V.8. Sedangkan untuk data hasil pengukuran RTK-Radio dan RTK-NTRIP yang didapat secara *real-time* langsung diolah di microsoft excel untuk menghitung kesalahan koordinat, jarak, luas dan elevasi dengan ketentuan untuk solusi pengukuran *float data logging* ±2 menit.

2. Pengolahan Data Total Station

Pengolahan data *total station* ini dilakukan dengan menggunakan software Topcon Link V.8.2.3. digunakan untuk memperoleh nilai koordinat dari bidang tanah yang nantinya digunakan sebagai data validasi dari pengukuran RTK-Radio dan RTK-NTRIP.

IV. Hasil Dan Pembahasan

1. Hasil Pengukuran RTK-Radio

Keterangan hasil titik-titik pengukuran bidang tanah menggunakan RTK-Radio, dapat dilihat pada Tabel IV.1.

Tabel IV.1. Rekapitulasi Hasil Pengukuran RTK-Radio

Titik Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan GNSS RTK-Radio				
No.	Lokasi Pengukuran	Panjang Baseline (m)	Solution Type	
			Fix (titik)	Float (titik)
1	Daerah Mulawarman	< 400	54	-
2	Kawasan Pantai Marina	< 400	54	-

2. Hasil Pengukuran RTK-NTRIP

Keterangan hasil titik-titik pengukuran bidang tanah menggunakan RTK-NTRIP, dapat dilihat pada Tabel IV.2.

Tabel IV.2. Rekapitulasi Hasil Pengukuran RTK-NTRIP

Titik Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan GNSS RTK-NTRIP				
No.	Lokasi Pengukuran	Panjang Baseline (km)	Solution Type	
			Fix (titik)	Float (titik)
1	Daerah Mulawarman	1,5	51	3
2	Kawasan Pantai Marina	11	30	24

3. Hasil Uji Jangkauan dan Uji Obstruksi RTK-Radio

Pada uji jangkauan ini antara *base* dan *rover* tidak terdapat halangan atau obstruksi yang mengganggu sinyal dari satelit dan gelombang radio untuk memberikan informasi posisi serta koreksi data *phase* dari *base station* ke *rover*, berikut ini koordinat dan *solution type* pada uji jangkauan RTK-Radio dapat dilihat di Tabel IV.3.

Tabel IV.3. Hasil Uji Jangkauan RTK-Radio

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	H Precision (m)	Solution Type
50m	9218938,485	437626,582	222,504	0,008	Fixed
100m	9218948,476	437776,348	222,346	0,008	Fixed
150m	9218969,994	437823,667	222,385	0,008	Fixed
200m	9219003,589	437866,602	221,663	0,014	Fixed,
250m	9219186,045	437633,478	223,778	0,011	Fixed
300m	9219237,049	437635,659	223,465	0,011	Fixed
350m	9219287,302	437633,280	223,527	0,01	Fixed
400m	9219337,209	437627,748	223,864	0,009	Fixed
420m	9219355,764	437623,170	223,842	0,013	Fixed

Tabel IV.4. Hasil Uji Obstruksi RTK-Radio

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	H Precision (m)	Solution Type
SUTET	9219150,495	437590,706	224,170	0,012	Fixed
Bangunan seng	9219288,200	437570,094	224,550	0,185	Float
Rumah	9219289,039	437603,952	223,649	0,842	Float
Pohon	9219250,022	437584,440	224,371	0,011	Fixed
Pohon Besar	9231246,506	432432,383	27,142	0,395	Float

4. Hasil Uji Obsstruksi RTK-NTRIP

Berikut hasil dari uji obstruksi dikawasan perumahan untuk RTK-NTRIP, dapat dilihat pada Tabel IV.5.

Tabel IV.5. Hasil Uji Obstruksi RTK-NTRIP

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	H Precision (m)	Solution Type
Pohon	9218809,247	438832,693	209,606	0,01	Fixed
T_Listrik1	9218809,258	438832,641	209,517	0,021	Fixed
T_Listrik2	9218838,400	438812,577	210,931	0,01	Fixed
Tandon	9218880,402	438783,924	209,889	1,009	Float
Bangunan	9218896,957	438777,291	212,616	0,014	Fixed
Bangunan	9218843,811	438802,820	211,045	0,01	Fixed
Pohon	9218875,264	438782,105	212,372	0,014	Fixed

5. Hasil Pengukuran Jarak

Berikut ini adalah contoh hasil pengukuran jarak dapat dilihat pada tabel IV.6.

Tabel IV.6. Hasil Pengukuran Jarak

Dari	Ke	TS (m)	Radio (m)	NTRIP (m)
P18	P17	19,900	19,918	19,943
P17	P16	20,069	20,059	19,666
P18	P3	19,982	19,938	19,038
P17	P2	19,463	19,536	19,808
P16	P1	19,986	19,887	19,962
P3	P2	19,990	19,837	19,652
P2	P1	20,142	20,310	20,481
P3	P6	17,094	17,210	17,326
P2	P5	16,268	16,308	16,014

6. Hasil Pengukuran Luas

Berikut ini adalah contoh hasil pengukuran jarak dapat dilihat pada tabel IV.7.

Tabel IV.7. Hasil Pengukuran Luas

No.	Luas Pengukuran Bidang Tanah (m ²)		
	ETS	RTK-Radio	RTK-NTRIP
A1	60,72	60,867	60,766
A2	59,522	59,223	59,387
A3	68,148	67,887	68,087
B11	189,872	190,581	189,039
B12	180,016	180,026	180,583
B13	211,036	212,318	213,402
C21	398,093	399,374	401,377
C22	436,06	437,448	436,675
C23	336,214	335,146	336,865
C24	342,133	342,850	342,785

IV.1. Kesalahan Jarak Linear

1. Di Daerah Mulawarman

Berikut hasil kesalahan jarak *linear* terhadap pengukuran *total station* di daerah mulawarman untuk RTK-Radio diperoleh rata-rata kesalahan *Linear Northing* sebesar $-0,011\ m$ dengan nilai standar deviasi (σ_N) $\pm 0,031\ m$ nilai *Easting* sebesar $0,016\ m$ dengan standar deviasi (σ_E) sebesar $\pm 0,042\ m$, sedangkan untuk rata-rata kesalahan *Linear* nilai *Lateral* (jarak) sebesar $0,049\ m$ dengan standar deviasi (σ_{dL}) atau standar deviasi (σ_{HZ}) komponen horisontal sebesar $\pm 0,052\ m$. sedangkan untuk RTK-NTRIP diperoleh rata-rata kesalahan *Linear Northing* sebesar $-0,024\ m$ dengan nilai standar deviasi (σ_N) sebesar $\pm 0,080\ m$ dan rata-rata kesalahan *Linear* nilai *Easting* sebesar $0,025\ m$ dengan standar deviasi (σ_E) sebesar $\pm 0,053\ m$, sedangkan untuk rata-rata kesalahan *Linear* nilai *Lateral* (jarak) sebesar $0,080\ m$ dengan standar deviasi (σ_{dL}) atau standar deviasi (σ_{HZ}) komponen horisontal sebesar $\pm 0,096\ m$.

2. Di Daerah Marina

Berikut hasil kesalahan jarak *linear* terhadap pengukuran *total station* di daerah mulawarman untuk RTK-Radio diperoleh rata-rata kesalahan *Linear Northing* sebesar $-0,012\ m$ dengan nilai standar deviasi (σ_N) $\pm 0,037\ m$ dan rata-rata kesalahan *Linear* nilai *Easting* sebesar $0,014\ m$ dengan standar deviasi (σ_E) sebesar $\pm 0,044\ m$, sedangkan untuk rata-rata kesalahan *Linear* nilai *Lateral* (jarak) sebesar $0,053\ m$ dengan standar deviasi (σ_{dL}) atau standar deviasi (σ_{HZ}) komponen horisontal sebesar $\pm 0,057\ m$. sedangkan untuk RTK-NTRIP diperoleh rata-rata kesalahan *Linear Northing* sebesar $-0,040\ m$ dengan nilai standar deviasi (σ_N) sebesar $\pm 0,101\ m$ dan rata-rata kesalahan *Linear* nilai *Easting* sebesar $0,42\ m$ dengan standar deviasi (σ_E) sebesar $\pm 0,118\ m$, sedangkan untuk rata-rata kesalahan *Linear* nilai *Lateral* (jarak) sebesar $0,132\ m$ dengan standar deviasi (σ_{dL}) atau standar deviasi (σ_{HZ}) komponen horisontal sebesar $\pm 0,155\ m$.

IV.2. Kesalahan Jarak Antar Titik

1. Di Daerah Mulawarman

Hasil kesalahan jarak di daerah mulawarman pada pengukuran bidang tanah menggunakan GNSS RTK-Radio dan RTK-NTRIP terhadap pengukuran jarak menggunakan *total station*, untuk ketelitian pengukuran jarak menggunakan RTK-Radio dengan luasan bidang $< 150\ m^2$ sebesar $\pm 0,046\ m$, jarak dengan luasan bidang antara $150 - 300\ m^2$ sebesar $\pm 0,059\ m$, dan jarak dengan luasan bidang $> 300\ m^2$

sebesar $\pm 0,064$ m. Sedangkan ketelitian pengukuran jarak dengan RTK-NTRIP dengan luasan bidang < 150 m² sebesar 0,047 m, jarak dengan luasan bidang antara 150 – 300 m² sebesar $\pm 0,062$ m, dan jarak dengan luasan bidang > 300 m² sebesar $\pm 0,146$ m.

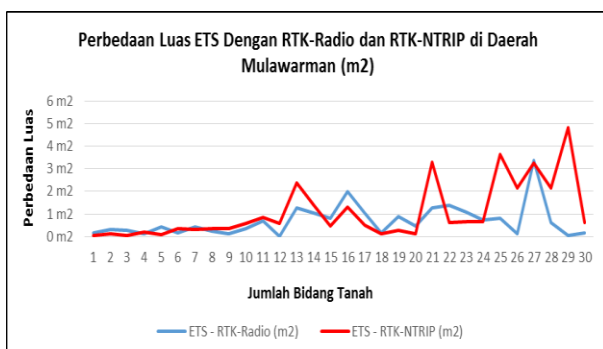
2. Di Daerah Marina

Hasil kesalahan jarak di daerah marina pada pengukuran bidang tanah menggunakan GNSS RTK-Radio dan RTK-NTRIP terhadap pengukuran jarak menggunakan *total station*, untuk ketelitian pengukuran jarak menggunakan RTK-Radio dengan luasan bidang < 150 m² sebesar $\pm 0,040$ m, jarak dengan luasan bidang antara 150 – 300 m² sebesar $\pm 0,062$ m, dan jarak dengan luasan bidang > 300 m² sebesar $\pm 0,084$ m. Sedangkan ketelitian pengukuran jarak dengan RTK-NTRIP dengan luasan bidang < 150 m² sebesar $\pm 0,046$ m, jarak dengan luasan bidang antara 150 – 300 m² sebesar $\pm 0,144$ m, dan jarak dengan luasan bidang > 300 m² sebesar $\pm 0,277$ m.

IV.4. Perbedaan Luas

1. Di Daerah Mulawarman

Perbedaan luas di daerah mulawarman pada pengukuran bidang tanah menggunakan GNSS RTK-Radio dan RTK-NTRIP terhadap pengukuran luas menggunakan *total station*, untuk ketelitian pengukuran luas menggunakan RTK-Radio dengan luasan bidang < 150 m² sebesar $\pm 0,227$ m², luas dengan luasan bidang antara 150 – 300 m² sebesar $\pm 0,998$ m², dan luas dengan luasan bidang > 300 m² sebesar $\pm 1,327$ m². Sedangkan ketelitian pengukuran luas dengan RTK-NTRIP dengan luasan bidang < 150 m² sebesar $\pm 0,298$ m², luas dengan luasan bidang antara 150 – 300 m² sebesar $\pm 1,040$ m², dan luas dengan luasan bidang > 300 m² sebesar $\pm 2,622$ m². Dapat dilihat pada gambar IV.1.



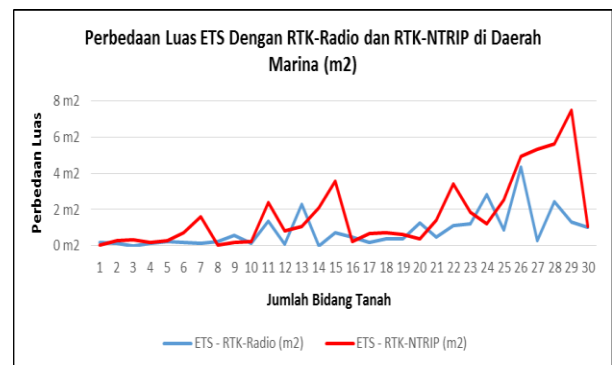
Gambar IV.1. Perbedaan Luas di Daerah Mulawarman

Dari Gambar IV.7 dapat dilihat hasil perbedaan luas RTK-Radio terhadap *total station* untuk perbedaan terkecil sebesar 0,010 m² yang terdapat

pada bidang nomor B12, sedangkan perbedaan terbesar sebesar 3,365 m² yang terdapat pada bidang nomor C27, dan hasil perbedaan luas RTK-NTRIP terhadap *total station* untuk perbedaan terkecil sebesar 0,046 m² yang terdapat pada bidang nomor A1, sedangkan perbedaan luas terbesar 4,833 m² yang terdapat pada bidang nomor C29.

2. Di Daerah Marina

Perbedaan luas di daerah marina pada pengukuran bidang tanah menggunakan GNSS RTK-Radio dan RTK-NTRIP terhadap pengukuran luas menggunakan *total station*, untuk ketelitian pengukuran luas menggunakan RTK-Radio dengan luasan bidang < 150 m² sebesar $\pm 0,243$ m², luas dengan luasan bidang antara 150 – 300 m² sebesar $\pm 0,991$ m², dan luas dengan luasan bidang > 300 m² sebesar $\pm 1,986$ m². Sedangkan ketelitian pengukuran luas dengan RTK-NTRIP dengan luasan bidang < 150 m² sebesar $\pm 0,599$ m², luas dengan luasan bidang antara 150–300 m² sebesar $\pm 1,614$ m², dan luas dengan luasan bidang > 300 m² sebesar $\pm 4,075$ m². Dapat dilihat pada gambar IV.2.



Gambar IV.2. Perbedaan Luas di Daerah Marina

Dari Gambar IV.8 dapat dilihat hasil perbedaan luas RTK-Radio terhadap *total station* untuk perbedaan terkecil sebesar 0,002 m² yang terdapat pada bidang nomor B14, sedangkan perbedaan terbesar sebesar 4,355 m² yang terdapat pada bidang nomor C26, dan hasil perbedaan luas RTK-NTRIP terhadap *total station* untuk perbedaan terkecil sebesar 0,054 m² yang terdapat pada bidang nomor A1, sedangkan perbedaan luas terbesar 7,472 m² yang terdapat pada bidang nomor C29.

Untuk uji ketelitian luas yang diperkenankan yang terdapat pada peraturan Badan Petanahan Nasional (BPN) dengan rumus $KL \leq 0,5 \sqrt{L}$, dengan perhitungan luas dari pengukuran *total station* sebagai acuan untuk ketelitian luas, terdapat 30 bidang tanah untuk pengukuran RTK-Radio dan RTK-NTRIP dan semua hasil ukuran luasnya masuk ketelitian luas tersebut, berikut beberapa sampel hasil ukuran bidang tanah yang masuk dalam standar ketelitian luas yang

diperkenankan oleh Badan Pertanahan Nasional dapat dilihat pada Tabel IV.8.

Tabel.IV.8. Uji Standar Toleransi Ukuran Berdasarkan Badan Pertanahan Nasional

No.	Luas Pengukuran Bidang Tanah (m ²)			Selisih Luas (m ²)		Acuan Ketelitian Total station 0,5 √L (m ²)	Hasil Toleransi	
	ETS	Radio	NTRIP	ETS - Radio	ETS - NTRIP		Radio	NTRIP
A1	61,988	61,790	62,042	0,198	0,054	3,937	Masuk Toleransi	Masuk Toleransi
A2	62,754	62,613	62,455	0,141	0,299	3,961	Masuk Toleransi	Masuk Toleransi
B14	296,112	296,114	298,227	0,002	2,115	8,604	Masuk Toleransi	Masuk Toleransi
B15	226,361	227,083	229,906	0,722	3,545	7,522	Masuk Toleransi	Masuk Toleransi
C21	507,986	508,232	509,402	0,246	1,416	11,269	Masuk Toleransi	Masuk Toleransi
C28	324,577	327,029	330,184	2,425	5,607	9,008	Masuk Toleransi	Masuk Toleransi

Dari Tabel IV.6 dapat dilihat baik RTK-Radio maupun RTK-NTRIP masing-masing memenuhi standar pengukuran luas BPN.

IV.5. Kesalahan Nilai Elevasi

1. Di Daerah Mulawarman

Hasil pengukuran elevasi dengan *total station*, RTK-Radio, dan RTK-NTRIP diperoleh 54 data sesuai dengan jumlah titik yang diukur ditempat yang sama di daerah mulawarman, diperoleh kesalahan elevasi antara pengukuran *total station* dan RTK-Radio dengan standar deviasi ±0,061 m sedangkan untuk kesalahan nilai elevasi antara *total station* dan RTK-NTRIP dengan standar deviasi ±0,099 m.

2. Di Daerah Marina

Hasil pengukuran elevasi dengan *total station*, RTK-Radio, dan RTK-NTRIP diperoleh 54 data sesuai dengan jumlah titik yang diukur ditempat yang sama di daerah marina, diperoleh kesalahan elevasi antara pengukuran *total station* dan RTK-Radio dengan standar deviasi ±0,065 m, sedangkan kesalahan nilai elevasi antara *total station* dan RTK-NTRIP dengan standar deviasi ±0,160 m.

IV.6. Analisis

1. Uji Statistik (Uji *F Distribution*)

Pada uji statistik ini digunakan untuk mengetahui adanya persamaan atau perbedaan pada pengaruh panjang *baseline* dari hasil pengukuran yang didapat. Uji ini dilakukan dengan membandingkan *variance* dari kedua metode dan

panjang *baseline* tersebut, pada uji ini dilakukan dengan menggunakan rumus:

Uji statistik yang digunakan untuk menentukan penolakan dari hipotesis nol. (IV.1)

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \text{ or } F = \frac{S_2^2}{S_1^2} \text{ } F = \frac{\text{larger sample variance}}{\text{smaller sample variance}} \text{ ..(IV.1)}$$

Tabel *F Distribution*, (IV.2)

$$F_{\alpha, v_1, v_2} = \frac{1}{F_{1-\alpha, v_2, v_1}} \text{(IV.2)}$$

Keterangan :

F_{α, v_1, v_2} = Derajat kebebasan F tabel

a) Kesalahan Jarak *Linear*

Uji signifikasi RTK-Radio dan untuk RTK-NTRIP

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{0,003}{0,012} = 0,269 \text{(IV.3)}$$

$$F^{\alpha} / 2.v_1.v_2 = F_{0,025,40,40} = 1,875 \text{(IV.4)}$$

Hipotesis 0 diterima jika F hitung lebih kecil dari F tabel

$$F = 0,269 < F^{\alpha} / 2.v_1.v_2 = F_{0,025,40,40} = 1,875 \text{ ..(IV.5)}$$

b) Kesalahan Jarak Antar Titik

Uji signifikasi RTK-Radio dan RTK-NTRIP

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{0,003}{0,009} = 0,358 \text{(IV.6)}$$

$$F^{\alpha} / 2.v_1.v_2 = F_{0,025,60,60} = 1,667 \text{(IV.7)}$$

Hipotesis 0 diterima jika F hitung lebih kecil dari F tabel

$$F = 0,385 < F^{\alpha} / 2.v_1.v_2 = F_{0,025,60,60} = 1,667 \text{ ..(IV.8)}$$

c) Perbedaan Luas

Uji signifikasi RTK-Radio dan RTK-NTRIP

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{0,945}{2,681} = 0,352 \text{(IV.9)}$$

$$F^{\alpha} / 2.v_1.v_2 = F_{0,025,30,30} = 2,074 \text{(IV.10)}$$

Hipotesis 0 diterima jika F hitung lebih kecil dari F tabel

$$F = 0,352 < F^{\alpha} / 2.v_1.v_2 = F_{0,025,30,30} = 2,074 \text{ ..(IV.11)}$$

d) Kesalahan Nilai Elevasi

Uji signifikansi RTK-Radio dan RTK-NTRIP

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{0,009}{0,012} = 0,276 \dots \dots \dots (IV.12)$$

$$F^\alpha / 2.v_1.v_2 = F_{0,025,40,40} = 1,875 \dots \dots \dots (IV.13)$$

Hipotesis 0 diterima jika F hitung lebih kecil dari F tabel

$$F = 0,276 < F^\alpha / 2.v_1.v_2 = F_{0,025,40,40} = 1,875 \dots (IV.14)$$

Dapat disimpulkan bahwa dari keseluruhan uji statistik diatas menyatakan hasil pengukuran bidang tanah yang diperoleh dari kedua metode tersebut pada panjang *baseline* yang berbeda didapatkan hasil pengukuran yang berbeda, dimana penggunaan metode RTK-Radio dan RTK-NTRIP dengan panjang *baseline* < 400 meter untuk RTK-Radio dan panjang 1,5 km dan 11 km untuk RTK-NTRIP tidak berbeda secara signifikan.

2. Uji Ketelitian Peta

Uji statistik yang digunakan pada tahap ini adalah dengan membandingkan nilai ketelitian (standar deviasi) data dari dua metode yang digunakan dan panjang *baseline* yang berbeda dengan ketelitian peta berdasarkan skala. Rumus yang digunakan untuk menentukan ketelitian peta yaitu: [BIG, 2014].

Tabel IV.9. Rumus Ketelitian Sesuai Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Berdasarkan Kelas

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0,2 mm x Bilangan Skala	0,3 mm x Bilangan Skala	0,5 mm x Bilangan Skala
Vertikal	0,5 x Interval Kontur	1,5 x Ketelitian Kelas 1	2,5 x Ketelitian Kelas 2

Nilai ketelitian posisi peta dasar pada Tabel 1 adalah nilai CE90 untuk ketelitian horisontal dan LE90 untuk ketelitian vertikal, yang berarti bahwa kesalahan posisi peta dasar tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%.

Nilai CE90 dan LE90 dapat diperoleh dengan rumus mengacu kepada standar US NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) sebagai berikut:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSEr$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSEv$$

Uji ketelitian ini dengan interval keyakinan (*confidence intervals*) yang digunakan adalah 90%. Berikut uji skala peta yang dapat dilihat pada tabel 4.10 dan tabel 4.11.

Tabel IV.10. Ketelitian *Horizontal* Peta dengan CE90

No.	Horizontal CE90 (m)		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Skala
			Dalam (m)	Dalam (m)	Dalam (m)	
	RTK-Radio	RTK-NTRIP				
1	0,078	0,146	0,1	0,15	0,25	1 : 500
2	0,086	0,235				

Table IV.11. Ketelitian *Vertikal* Peta dengan LE90

No.	Vertikal LE90 (m)		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Skala
			Dalam (m)	Dalam (m)	Dalam (m)	
	RTK-Radio	RTK-NTRIP				
1	0,101	0,163	0,1	0,15	0,25	1 : 500
2	0,107	0,266	0,5	0,75	1,25	1 : 1000

Dari analisis ini, skala peta yang masuk dalam pengukuran bidang tanah menggunakan GNSS metode RTK-Radio dan RTK-NTRIP adalah sebagai berikut:

Tabel IV.12. Rekapitulasi Uji Skala Peta Hasil Pengukuran Bidang Tanah

No.	Metode	Baseline	Skala Horizontal	Kelas	Skala Vertikal	Kelas
1	RTK-Radio	< 400 m	1 : 500	1	1 : 500	2
2	RTK-NTRIP	1,5 km	1 : 500	2	1 : 500	3
3	RTK-NTRIP	11 km	1 : 500	3	1 : 1000	1

V. Penutup

V.1. Kesimpulan

Dari analisis dan pembahasan yang telah dikemukakan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan untuk akurasi hasil pengukuran menggunakan GNSS metode RTK-Radio dan RTK-NTRIP terhadap pengukuran *total station* antara lain :

- 1) Hasil ketelitian posisi horisontal (X,Y), jarak, luas, dan elevasi adalah sebagai berikut :
 - a) Ketelitian posisi horisontal pengukuran RTK-Radio dengan panjang *baseline* < 400 m standar deviasinya adalah ±0,057 m dan untuk RTK-NTRIP dengan panjang *baseline* 1,5 – 11 km standar deviasinya masing-masing adalah, ±0,096 m dan ±0,155 m.

- b) Ketelitian ukuran jarak RTK-Radio dengan panjang *baseline* < 400 m untuk luasan < 520 m² standar deviasinya adalah ±0,084 m dan untuk RTK-NTRIP dengan panjang *baseline* 1,5 – 11 km untuk luasan < 520 m² standar deviasinya masing-masing adalah ±0,146 m dan ±0,277 m.
 - c) Ketelitian ukuran luas RTK-Radio dengan panjang *baseline* < 400 m untuk luasan < 520 m² standar deviasinya adalah ±1,986 m, sedangkan RTK-NTRIP panjang *baseline* 1,5 - 11 km untuk luasan < 520 m² standar deviasinya masing-masing adalah ±2,622 m² dan ±4,075 m².
 - d) Ketelitian elevasi pengukuran RTK-Radio dengan panjang *baseline* < 400 m standar deviasinya adalah ±0,065 m dan untuk RTK-NTRIP dengan panjang *baseline* 1,5 – 11 km standar deviasinya masing-masing adalah ±0,099 m dan ±0,0161 m.
- 2) Untuk uji jangkauan pada pengukuran RTK-Radio menggunakan alat GNSS Topcon Hiper II diperoleh jangkauan maksimal sejauh 420 m dengan catatan tidak ada obstruksi yang menghalangi gelombang radio dari *base* ke *rover*.
 - 3) Hasil uji obstruksi RTK-Radio dan RTK-NTRIP untuk kategori obstruksi ringan dan obstruksi sedang masih dapat memperoleh solusi pengukuran *fix* sedangkan untuk obstruksi sedang sampai berat seperti bangunan dan gedung tinggi didapat solusi pengukuran *float* dan juga *autonomous/standalone* (sangat tergantung pada media yang menghalangi sinyal dari satelit dan sinyal radio/internet yang digunakan untuk mengirimkan koreksi pada pengukuran RTK-Radio dan RTK-NTRIP).

V.2. Saran

Dari hasil dan analisis yang dilakukan pada penelitian ini, ada beberapa saran untuk tahap pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu antara lain :

- 1) Pastikan kondisi stasiun CORS dalam keadaan stabil dan dilakukan perawatan berkala setiap tahun.
- 2) Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai jangkauan pengukuran dengan berbagai macam *provider* seluler ke berbagai arah untuk mengetahui kekuatan jaringan dan *bandwidth* dari tiap-tiap *provider* sehingga dapat memilih *provider* yang baik untuk digunakan saat pengukuran RTK-NTRIP di beberapa daerah yang masih terjangkau oleh stasiun CORS.
- 3) Perlu dilakukan pengujian pengukuran bidang tanah pada daerah dengan obstruksi tinggi baik menggunakan RTK-Radio maupun RTK-NTRIP.

- 4) Sebaiknya menggunakan *bipod* baik saat pengamatan GNSS RTK maupun saat pengukuran *total station* untuk uji validasi.

VI. Daftar Pustaka

- Abidin, H.Z. 2007. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Azmi, Mohamad. 2012. Sistem Cors (*Continuously Operating Reference Station*) Di Indonesia Dan Di Beberapa Negara Lainnya. Skripsi Teknik Geodesi dan Geomatika Program Sarjana Institut Teknologi Bandung.
- BIG. 2014. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15. Badan Informasi Geospasial. Cibinong.
- Hafiz, E.G. 2014. Analisis Pengaruh Panjang *Baseline* Terhadap Ketelitian Pengukuran Situasi Dengan Menggunakan GNSS Metode RTK-NTRIP. Skripsi Teknik Geodesi Program Sarjana Universitas Diponegoro.
- Sheng L. L. 2003. *Application Of GPS RTK And Total Station System On Dynamic Monitoring Land Use. Departement of Land Economics Natioanal Changchi University. Taiwan Republic of China.*
- Wolf, P. dan Ghilani, C. 1997. *Adjustment Computations : Statistic and Least Squares in Surveying and GIS 3rd Edition.* John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Yuwono, B.D, Artiningsih, dan Hani'ah. 2011. Kajian Luas Bidang Metode *Stop And Go* Dengan Data Fase Dan *Precise Ephemeris* Menggunakan GPS Topcon RTK Hiper Gb. Forum ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia. Semarang.