

PENGARUH JUMLAH TITIK IKAT PADA PENGAMATAN GPS METODE *RAPID STATIC SHORT BASELINE* MENGUNAKAN GAMIT TRACK

Thomas Aquino Suwanta¹, Fajriyanto², Eko Rahmadi³, Romi Fadly⁴

^{1,2,3,4}Universitas Lampung; Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145
Tlp. (0724) 70494/Fax. (0721) 701609
Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT – UNILA
thomasaquinosuwanto@gmail.com

(Diterima 05 Agustus 2023 , Disetujui 25 Desember 2023)

Abstrak

Penggunaan jumlah titik ikat dan panjang *baseline* yang dipakai pada pengamatan GPS sangat mempengaruhi ketelitian yang diperoleh, karena itu untuk melihat nilai akurasi/ ketelitian dan pengaruh dari masing-masing jumlah titik ikat yang digunakan maka dilakukan penelitian pengaruh jumlah titik ikat yang digunakan pada pengamatan GPS *short baseline*. Data yang digunakan adalah data pengamatan statik selama 6 jam dan data pengamatan *rapid static* selama 20 menit. Dimana data pengamatan statik digunakan untuk mendefinisikan titik yang digunakan sebagai titik tetap dan titik pengamatan dan juga sebagai data pembandingan dari pengamatan *rapid static*. Adapun titik ikat yang digunakan berjumlah 4 buah, yakni ULPC, PKOR, CMPG, SDN3 dan titik pengamatan yang dipakai adalah GGMA dan TNMP. Perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan data adalah perangkat lunak GAMIT/GLOBK untuk mengolah data pengamatan statik dan GAMIT TRACK untuk mengolah data pengamatan *rapid static*. Adapun panjang *baseline* yang digunakan berjarak kurang dari 10 Km dari titik pengamatan. Metode analisis yang digunakan adalah RMSE_{xy} untuk menentukan nilai akurasi posisi horizontal dan RMSE_z untuk menentukan nilai akurasi posisi vertikal. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa jumlah titik ikat yang digunakan berpengaruh terhadap ketelitian yang diperoleh. Dari perhitungan RMSE dapat diketahui bahwa ketelitian horizontal yang dihasilkan pada pengamatan *rapid static* berada pada orde milimeter (mm) sampai sentimeter (cm), yakni sebesar 0,954 cm sampai 0,954 cm dan untuk ketelitian vertikal berada pada orde sentimeter (cm) hingga desimeter (dm), yakni sebesar 3,6 cm sampai 10,943 cm.

Kata kunci : akurasi, GAMIT TRACK, GPS, *rapid static*, *short baseline*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

GPS (*Global Positioning System*) merupakan salah satu sistem navigasi dan sistem untuk menentukan lokasi yang sangat populer saat ini, dan dikelola oleh Amerika Serikat. GPS pada mulanya dirancang guna kepentingan navigasi kendaraan bermotor dan kepentingan militer, terutamanya digunakan untuk pengaturan peluncuran misil atau peluru kendali. Tujuan utama GPS adalah untuk menyediakan sistem penentuan posisi darat, laut, dan udara untuk tentara amerika dan sekutunya. Namun kemudian sistem GPS (*Global Positioning System*) berkembang dan banyak dipakai di seluruh dunia saat ini untuk menentukan koordinat titik-titik di permukaan

bumi dengan tingkat ketelitian yang baik. GPS juga dimanfaatkan dalam berbagai bidang yang memerlukan informasi tentang posisi, percepatan, kecepatan, waktu dan parameter turunannya. Selain itu GPS juga memiliki beberapa kelebihan diantaranya GPS dapat digunakan setiap saat tanpa bergantung waktu dan cuaca, cakupan wilayah yang luas, memberikan ketelitian posisi yang spektrumnya luas (millimeter sampai meter) dan masih banyak lagi [1]. Adapun beberapa metode yang digunakan untuk menentukan posisi atau koordinat dengan menggunakan GPS diantaranya adalah metode statik dan metode statik singkat (*rapid static*), dimana tingkat ketelitian yang diperoleh sangat baik yakni orde milimeter untuk metode statik dan

orde sentimeter pada metode pengamatan statik singkat (*rapid static*) [2].

Ketelitian atau keakuratan posisi yang diperoleh dari pengukuran GPS pada umumnya tergantung pada empat faktor, yaitu: geometri pengamatan, akurasi data, strategi pengamatan, dan strategi pengolahan data [3]. Dalam merencanakan strategi pengamatan untuk survei GPS perlu mempertimbangkan sejumlah faktor, seperti teknik pengamatan, waktu pengamatan, durasi pengamatan, dan pengikatan titik tetap. Adapun titik tetap yang dimaksud adalah titik ikat yang digunakan sebagai titik kontrol koordinat selama proses menghitung perataan jaring. Secara geometrik penyertaan titik ikat yang bertindak sebagai titik kontrol dalam pengukuran GPS, diharapkan dapat meningkatkan nilai kekuatan jaring (*strength of figure*) sehingga diharapkan dapat meningkatkan ketelitian posisi titik-titik jaring [4,5,6].

Beberapa aspek yang mempengaruhi hasil pengamatan beberapa diantaranya adalah jumlah satelit yang diamati, panjang *baseline*, *multipath*, perilaku saat survei, dan penentuan titik pusat antena. Ketelitian vektor *baseline* yang dihasilkan dari pengukuran GPS tergantung pada jumlah satelit yang diamati dalam satu sesi, geometri satelit, dan panjangnya *baseline* [7]. Untuk menjaga ketelitian titik-titik dalam jaringan tetap konsisten, distribusi titik harus didesain secara merata dan teratur. Dalam survei GPS, konfigurasi jaringan *baseline* mempengaruhi keakuratan hasil pengukuran [8]. Dimana semakin panjang *baseline*, akan semakin besar efek kesalahan orbital dan refraksi ionosfer. Berdasarkan uraian diatas peneliti tertarik untuk meneliti tentang pengaruh jumlah titik ikat yang digunakan dalam pengamatan statik singkat *baseline* pendek dengan memanfaatkan GAMIT TRACK.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Bagaimana tingkat ketelitian dari setiap jumlah titik ikat yang digunakan dalam pengamatan statik singkat *short baseline* ?.

2. Bagaimana pengaruh jumlah titik ikat yang digunakan dalam pengamatan statik singkat *short baseline* ?.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mengetahui tingkat ketelitian untuk setiap jumlah titik ikat yang digunakan dalam pengamatan statik singkat *short baseline*.
2. Mengetahui pengaruh masing-masing jumlah titik ikat yang digunakan dalam pengamatan statik singkat *short baseline*.

METODELOGI PENELITIAN

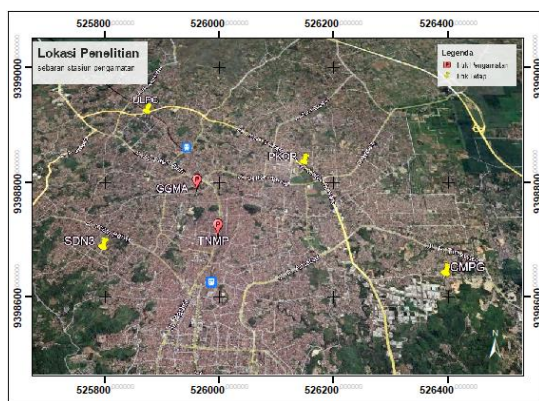
Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kota Bandar Lampung, dimana digunakan titik tetap sebagai stasiun *base*, dan titik pengamatan sebagai *rover*, adapun titik tetap dan titik pengamatan terpaut jarak kurang dari 10 km. Lokasi titik tetap dan titik pengamatan dapat di lihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Lokasi penelitian

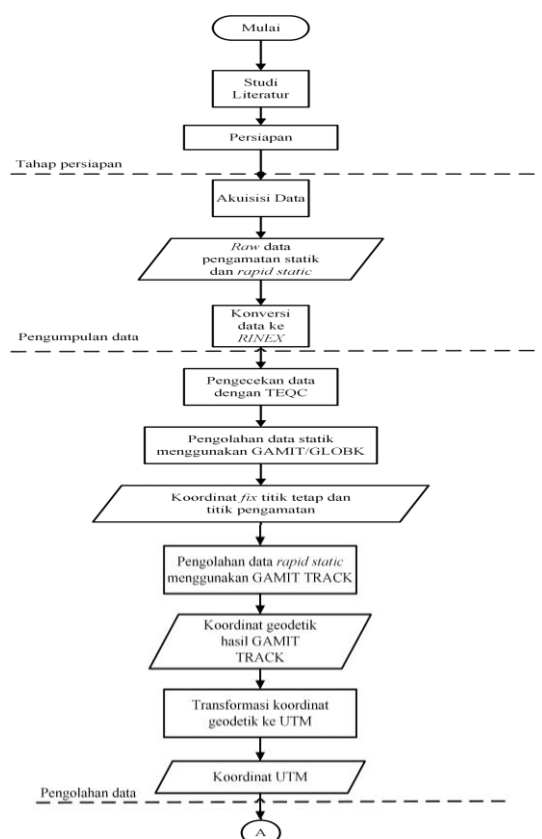
Nama Titik (Stasiun)	Lokasi
Pusat Kegiatan Olahraga (PKOR)	Jl. Minak Tebus Bawang, PKOR, Way Halim, Kota Bandar Lampung, Lampung
Campang Raya (CMPG)	Jl. Alimudin Umar, Campang Raya, Kecamatan Sukabumi, Kota Bandar Lampung, Lampung
SD Negeri 3 Segala Mider (SDN3)	Jl. Sultan Badarudin No.107, Segala Mider, Kecamatan Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung, Lampung
Universitas Lampung CORS (ULPC)	Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro, Gedong

	Meneng, Kota Bandar Lampung, Lampung
Taman Makam Pahlawan (TNMP)	Jl. Teuku Umar, Surabaya, Kecamatan Kedaton, Kota Bandar Lampung, Lampung
Gedung Graha Mandala Alam (GGMA)	Jl. Pagar Alam No.31, Kedaton, Kecamatan Kedaton, Kota Bandar Lampung, Lampung

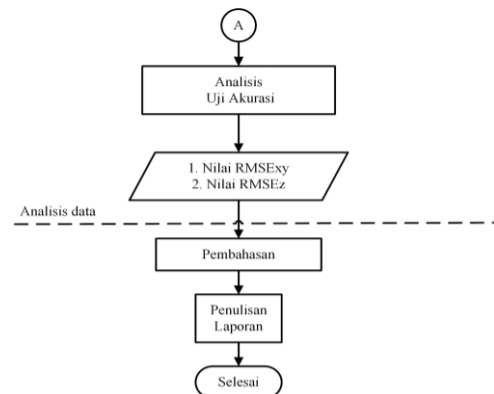


Gambar 1. Lokasi penelitian

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian



Gambar 3. Lanjutan diagram alir penelitian

Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan peralatan berupa perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini antara lain,

1. Receiver Geodetik Hi-Target V30, V60 dan CHC N72
2. Tripod/ Statif
3. Tribrach
4. Meteran
5. Catu daya/ Aki
6. Handphone
7. Laptop

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini, meliputi

1. Linux Mint 20.3 Cinnamon
2. Software CHC Geomatics Office
3. Software Hi-Target Geomatics Office
4. Software GAMIT/GLOBK dan TRACK
5. Software TEQC
6. Python 3.10
7. Microsoft Office 2016

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Data Pengamatan GPS dari stasiun PKOR, CMPS, SDN3, ULPC, TNMP, GGMA pada DOY 338 dan 352 tahun 2022
2. Data Pengamatan dari stasiun IGS yang digunakan sebagai titik ikat (BAKO,

COCO, CUSV, DARW, DJIG, HKWS, IISC, JFNG, KARR, KRGG, MAYG, PNGM, PTGG, dan SOLO)

3. *File Broadcast ephemeris dan Precise ephemeris*

Akuisisi Data

Akuisisi data bertujuan untuk mengumpulkan data pengamatan GPS, dimana metode pengamatan yang digunakan adalah metode statik dan statik singkat (*rapid static*). Untuk metode pengamatan statik dilakukan selama 6 jam dan untuk metode pengamatan statik singkat (*rapid static*) dilakukan selama 20 menit. Proses akuisisi data ini menggunakan *mask angel* sebesar 15° dan interval perekaman untuk pengamatan statik adalah 30 detik dan interval perekaman yang digunakan untuk pengamatan *rapid static* adalah 1 detik. Adapun *receiver* GPS yang digunakan adalah 2 buah *receiver* Hi-Target V30, 2 buah *receiver* Hi-Target V60 dan 1 buah CORS ULPC yang menggunakan *receiver* CHCNAV N72. Data yang didapatkan adalah data *raw* berupa *GNS file* dari *receiver* Hi-Target dan *HCN file* dari *receiver* CORS ULPC. Selain itu diperlukan juga data *file Navigation Message Broadcast*, *file RINEX* stasiun IGS yang dijadikan titik ikat (BAKO, COCO, CUSV, DARW, DJIG, HKWS, IISC, JFNG, KARR, KRGG, MAYG, PNGM, PTGG, SOLO) dan *file satellite Precise Ephemeris*.

Pengecekan TEQC

Pengecekan data *RINEX* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak TEQC. Adapun tujuan pengecekan data *RINEX* ini adalah untuk mengetahui nilai *multipath* dari data hasil pengamatan. Selain itu juga diperoleh informasi berupa interval perekaman, rentang waktu perekaman, jumlah satelit dan informasi lainnya. Pada proses pengecekan data *RINEX* dengan TEQC dibutuhkan data *file* observasi dan *file* navigasi, kemudian di proses dengan menggunakan perintah sebagai berikut

```
teqc +qc -nav <file observasi> <file navigasi>
```

Dari proses tersebut dihasilkan nilai MP12 dan MP21 yang menunjukkan nilai *multipath*,

dimana data dikatakan baik apabila nilai MP12 dan MP21 kurang dari 5.

Pengolahan GAMIT/GLOBK

Pengolahan GAMIT/ GLOBK digunakan untuk menentukan nilai koordinat yang dianggap benar dengan menggunakan data pengamatan statik dari setiap titik yang digunakan. Sebelum melakukan pengolahan menggunakan GAMIT, terlebih dahulu membuat *folder project* dan direktori pendukung seperti :

1. *Folder* IGS, yang berisi *file final* orbit satelit (*precise ephemeris*) dengan format *.sp3.
2. *Folder* RINEX, yang berisi *file* RINEX dari titik ikat stasiun IGS dan stasiun pengamatan.
3. *Folder* BRDC, berisi *file* navigasi satelit atau *broadcast ephemeris*.
4. *Folder* Tables, yang berisi *control file* untuk pengolahan data.

Pada *folder tables* perlu dilakukan *editing file control*, yakni pada *file sites.default*, *process.default*, *sittbl* dan *lfile*. Kemudian dilakukan pengolahan data GPS menggunakan *automatic batch processing* pada terminal linux dengan perintah :

```
sh_gamit -expt (expt) -d yyyy doy -pres  
ELEV -orbit IGSF
```

Dari pengolahan GAMIT diperoleh hasil berupa *H-file* yang berisi matrik varian dan kovarian dan digunakan untuk pengolahan GLOBK. Sebelum masuk pada pengolahan GLOBK perlu dilakukan *editing file* *globk.cmd* dan *glord.cmd* dengan menambahkan BLEN UTM GEOD pada bagian *prt_opt* dan *opt_prt*. Opsi BLEN digunakan untuk mendapatkan panjang *baseline*, sedangkan UTM dan GEOD digunakan untuk memperoleh koordinat UTM dan geodetik. Selanjutnya menjalankan GLOBK dengan perintah :

```
sh_glred -expt (expt) -d yyyy doy -opt H G T
```

dari pengolahan GLOBK dihasilkan nilai koordinat dari setiap titik pengamatan.

Pengolahan Menggunakan GAMIT TRACK

Pada penolahan data menggunakan GAMIT TRACK memerlukan beberapa *file*, antara lain

1. *file RINEX* observasi (*.yyo) dari titik/stasiun pengamatan maupun stasiun yang dijadikan titik ikat.
2. *File ephemeris* (*.sp3), yaitu *file* yang berisi informasi data catatan orbit dan jam dari konstelasi GPS.
3. *File Ionex* (*.yyi), yakni *file* yang menyimpan informasi ionosfer untuk pengolahan data GPS.
4. *File Command Prompt* (*.cmd), yakni *file* yang berisi pilihan atau opsi yang digunakan untuk menjalankan TRACK.
5. *File ambin* (*.amb), yakni *file* yang berisi nilai bias parameter pada pengolahan [9].

Untuk menjalankan program TRACK diharuskan untuk memilih dan mengedit *file Command Prompt* [10]. Adapun pilihan atau opsi yang harus diisi pada pengolahan data statik singkat adalah sebagai berikut,

1. OBS_FILE, yakni bagian yang digunakan untuk menentukan titik *fix* dan titik Kinematik, adapun titik *fix* adalah stasiun yang digunakan untuk *base/* titik ikat sedangkan titik kinematik adalah stasiun yang digunakan sebagai stasiun pengamatan.
2. NAV_FILE, merupakan bagian yang digunakan untuk memasukkan *file broadcast ephemeris* yang akan digunakan.
3. MODE, yakni bagian untuk menentukan panjang *baseline* dimana "SHORT" digunakan untuk panjang *baseline* kurang dari 10 km, sementara "LONG" digunakan untuk panjang *baseline* lebih dari 10 km.
4. SITE POS, bagian ini digunakan untuk menentukan koordinat pendekatan atau *a priori coordinates* dari stasiun yang digunakan
5. SITE_STAT, digunakan untuk menentukan nilai titik posisi awal dan nilai perubahan titik.

6. INTERVAL, merupakan bagian yang digunakan untuk memasukkan nilai interval perekaman data.
7. OUT_TYPE, merupakan bagian yang digunakan untuk menentukan tipe koordinat yang dihasilkan.

TRACK merupakan program GAMIT yang digunakan untuk mengolah data pengamatan GPS dengan metode kinematik. Untuk menjalankan TRACK digunakan perintah sebagai berikut:

Track -f (*file.cmd*) -d (*day of year*)

Dalam pengolahan data menggunakan program TRACK terdapat tiga proses yakni penyesuaian posisi (*adjustment position*), penentuan ambiguias fase, dan penentuan koordinat final.

Transformasi Koordinat

Transformasi koordinat ini digunakan untuk merubah sistem koordinat geodetik hasil GAMIT TRACK ke koordinat UTM (*Univesal Transverse Mercator*). Proses transformasi koordinat ini dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman *Python 3.10*. Sebelum melakukan proses transformasi perlu dilakukan pemasangan *package pandas 1.5.3* dan *openpyxl 3.1.2* yang digunakan untuk membaca *file excel* dan menulis hasil transformasi kedalam bentuk *excel*. Selain itu diperlukan juga *package utm 0.7.0* untuk mentransformasikan koordinat dari geodetik ke UTM (*Univesal Transverse Mercator*).

Uji Akurasi

Akurasi merupakan tingkat kedekatan ataupun ketepatan informasi dari kuantitas yang diukur dengan nilai yang sebenarnya. Untuk mengukur tingkat akurasi posisi dapat digunakan analisa *Root Mean Square Error* (RMSE) [11]. *Root Mean Square Error* (RMSE) adalah parameter yang dipakai untuk mengevaluasi nilai hasil dari pengamatan terhadap nilai sebenarnya atau nilai yang dianggap benar. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung nilai RMSE :

$$RMSE_{xy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{ii})^2 + (y_i - y_{ii})^2}{n}} \quad (1)$$

Dimana $RMSE_{xy} = RMSE$ posisi horizontal, x_i dan y_i = koordinat hasil pengamatan, x_{ii} dan y_{ii} = koordinat yang dianggap benar, n = jumlah pengamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengolahan TEQC

Hasil yang didapatkan dari pengecekan data menggunakan perangkat lunak TEQC adalah *moving average* MP12 dan *moving average* MP21 yang menunjukkan efek dari *multipath* yang terjadi saat pengukuran berlangsung, serta menjadi acuan bagus atau tidaknya data pengamatan GPS yang digunakan. Adapun kriteria data yang baik, apabila nilai *moving average* MP12 dan MP21 kurang dari 0,5. Berikut adalah hasil pengecekan kualitas data pengamatan GPS dengan menggunakan perangkat lunak TEQC

Tabel 2. Hasil uji kualitas pengamatan statik untuk pendefinisian titik

Stasiun	MP12	MP21	DOY
CMPG	0,294663	0,234158	338
PKOR	0,751651	0,578560	338
SDN3	0,372042	0,296668	338
ULPC	0,165142	0,304773	338
TNMP	0,326762	0,304664	352
GGMA	0,458237	0,338740	352

Tabel 3. Hasil uji kualitas data pengamatan *rapid static* untuk titik ikat dan titik pengamatan

Stasiun	MP12	MP21	DOY
CMPG	0,285793	0,223600	352
PKOR	0,573670	0,517414	352
SDN3	0,342902	0,284489	352
ULPC	0,325232	0,279269	352
TNMP	0,323503	0,317021	352
GGMA	0,380024	0,323526	352

Data pengamatan yang digunakan untuk pendefinisian titik dan titik ikat pada stasiun pengamatan PKOR (Pusat Kegiatan Olahraga) pada tabel 2 dan tabel 3 melebihi nilai kriteria

data yang baik (nilai *moving average* MP12 dan MP21 > 0,5) sedangkan data pengamatan GPS selain stasiun PKOR memenuhi kriteria data yang baik (nilai *moving average* MP12 dan MP21 < 0,5) perbedaan nilai yang didapatkan dari pengecekan kualitas data dengan TEQC disebabkan oleh obstruksi disekitar titik pengamatan dan adanya perbedaan kondisi masing-masing titik dilapangan. Data pengamatan pada stasiun PKOR tetap digunakan dalam pengolahan GAMIT, walaupun hasil dari kontrol kualitas data tidak memenuhi kriteria dikarenakan terbatasnya data yang tersedia.

Hasil Pengolahan GAMIT/ GLOBK

Dari tahap pengolahan data menggunakan GLOBK diperoleh hasil koordinat sebagai berikut

Tabel 4. Koordinat kartesian geosentris hasil pengolahan GAMIT/ GLOBK

Stasiun	Koordinat Kartesian		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
ULPC	-1.669.521,60339	6.127.188,91009	-592.021,16861
PKOR	-1.673.652,59355	6.125.843,22140	-593.839,24836
CMPG	-1.676.555,08554	6.124.718,95909	-597.104,17264
SDN3	-1.668.903,66382	6.126.963,63841	-596.470,65251
GGMA	-1.671.015,31840	6.126.504,35714	-594.605,36437
TNMP	-1.671.541,39978	6.126.210,52690	-595.949,51607

Tabel 5. Koordinat UTM hasil pengolahan GAMIT/GLOBK

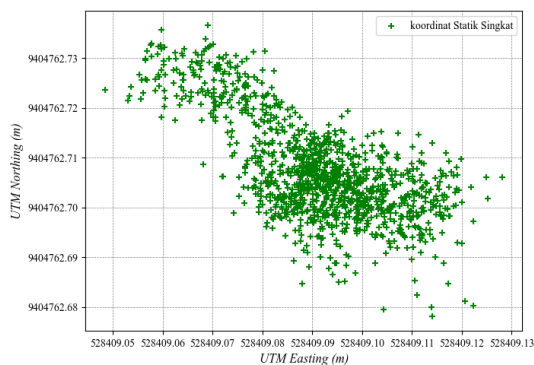
Stasiun	Koordinat UTM		
	East (m)	North (m)	Height (m)
ULPC	526.789,6420	9.407.360,1857	154,1074
PKOR	531.126,6058	9.405.529,2513	114,3150
CMPG	534.220,0231	9.402.248,6445	103,7835
SDN3	526.251,1204	9.402.896,7762	193,3294
GGMA	528.409,0873	9.404.762,7015	129,7010
TNMP	528.993,1402	9.403.411,1753	111,6175

Koordinat yang diperoleh diantaranya koordinat kartesian dan koordinat UTM. Koordinat kartesian digunakan untuk menentukan koordinat *base (fix)* pada

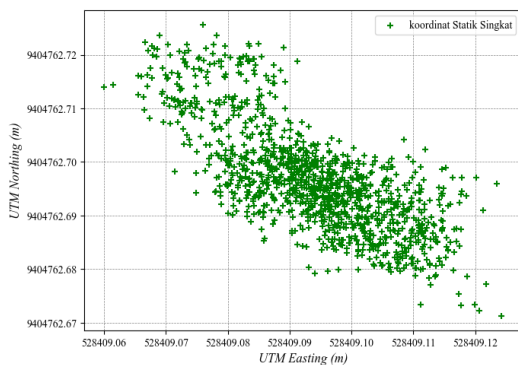
pengolahan data menggunakan GAMIT TRACK, sedangkan koordinat UTM digunakan dalam proses menentukan nilai akurasi/ RMSE.

Hasil Pengolahan GAMIT TRACK

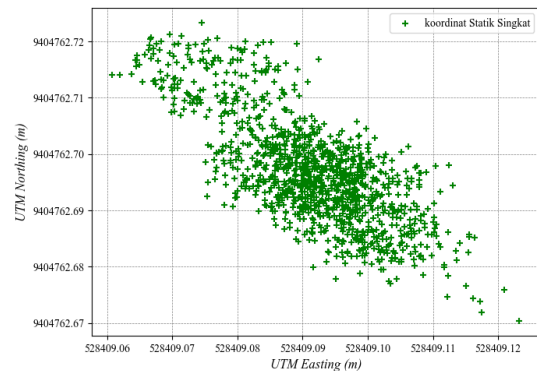
Dari pengolahan data koordinat menggunakan TRACK diperoleh koordinat geodetik dan koordinat kartesian dari pengamatan *rapid static*. Karena interval waktu pengamatan adalah 1 detik dan lama waktu pengamatan *rapid static* 20 menit maka diperoleh sekitar 1.200 data koordinat hasil pengolahan GAMIT TRACK. Selain itu dari proses pengolahan data *rapid static* menggunakan GAMIT TRACK, diperoleh hasil berupa *file ambin* yang berisi nilai ambiguitas fase dan *file summary* yang berisi koordinat apriori dan parameter-parameter yang digunakan dalam pengolahan TRACK. Berikut adalah *plotting* koordinat UTM dari hasil pengolahan data menggunakan GAMIT TRACK



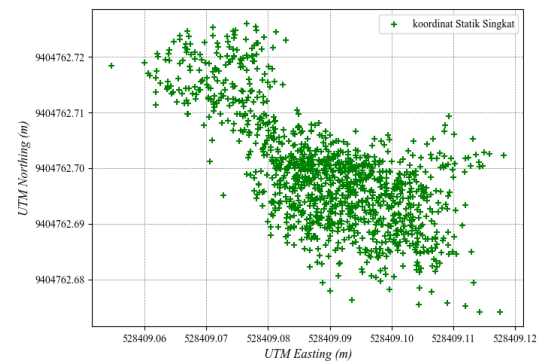
Gambar 4. Hasil *plotting* koordinat *rapid static* menggunakan 1 titik ikat pada stasiun GGMA.



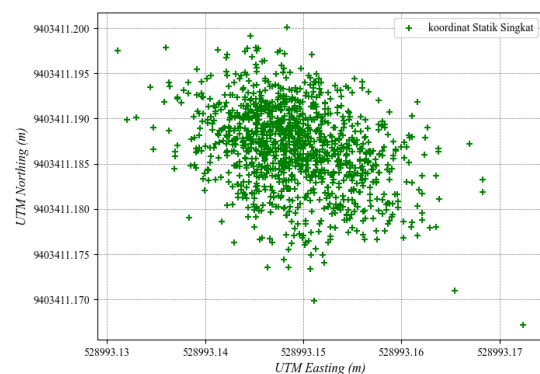
Gambar 5. Hasil *plotting* koordinat *rapid static* menggunakan 2 titik ikat pada stasiun GGMA



Gambar 6. Hasil *plotting* koordinat *rapid static* menggunakan 3 titik ikat pada stasiun GGMA



Gambar 7. Hasil *plotting* koordinat *rapid static* menggunakan 4 titik ikat pada stasiun GGMA

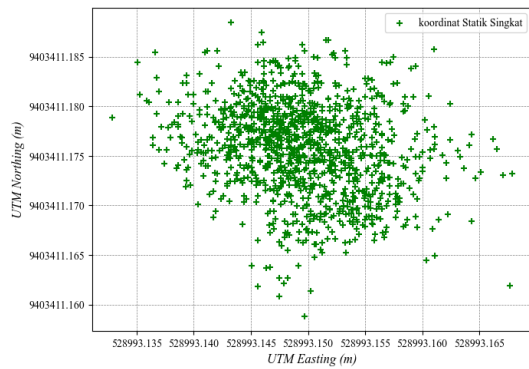


Gambar 8. Hasil *plotting* koordinat *rapid static* menggunakan 1 titik ikat pada stasiun TNMP

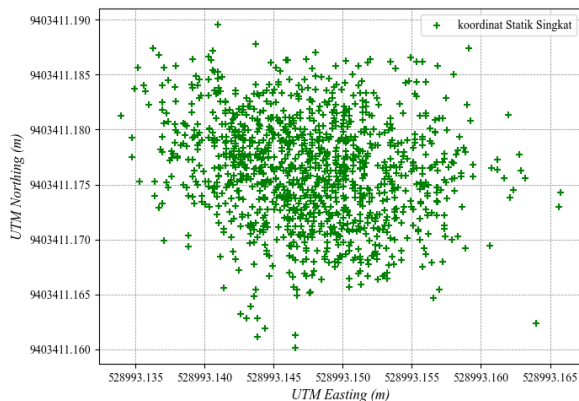
ISSN 2776-9283

Vol. 3 / No. 2 Desember 2023 (22-31)

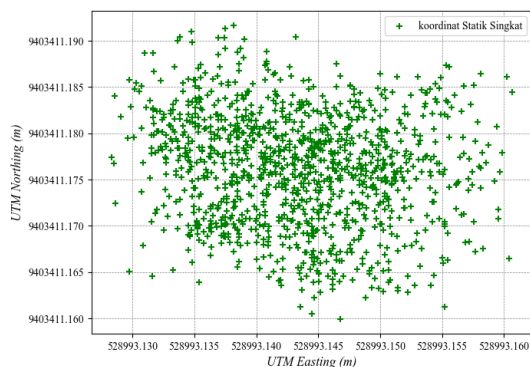
DATUM
Journal of Geodesy and Geomatics



Gambar 9. Hasil *plotting* koordinat *rapid static* menggunakan 2 titik ikat pada stasiun TNMP



Gambar 10. Hasil *plotting* koordinat *rapid static* menggunakan 3 titik ikat pada stasiun TNMP

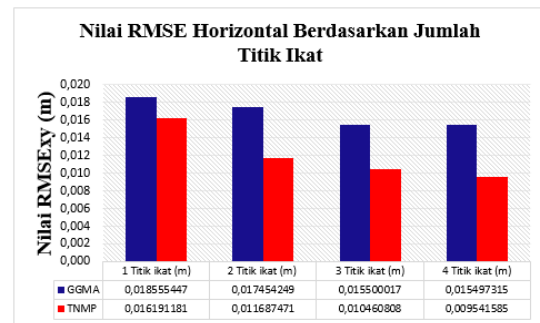


Gambar 11. Hasil *plotting* koordinat *rapid static* menggunakan 4 titik ikat pada stasiun TNMP

Hasil Uji Akurasi

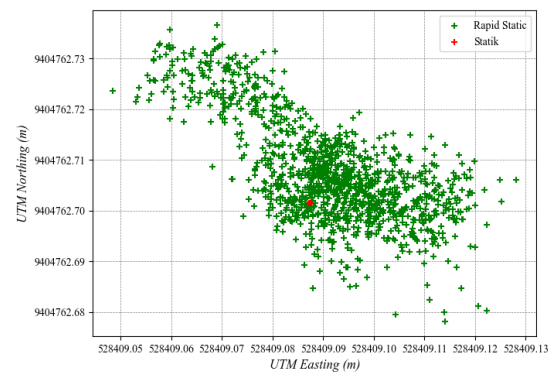
Perhitungan akurasi dilakukan terhadap hasil koordinat dari pengolahan GAMIT TRACK untuk melihat seberapa akurat hasil koordinat dari metode dan pengolahan tersebut. Perhitungan ketelitian atau akurasi posisi horizontal dilakukan dengan

menggunakan RMSE_{xy} dan untuk posisi vertikal dengan menggunakan RMSE_z.

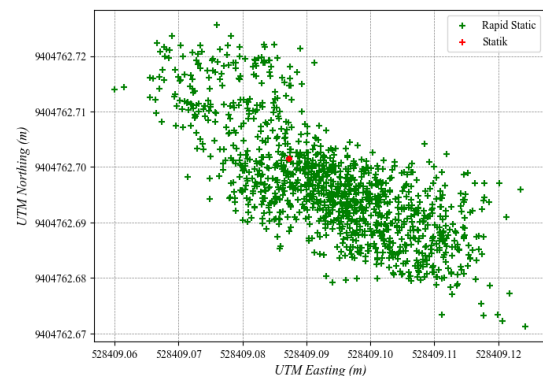


Gambar 12. Nilai RMSE horizontal

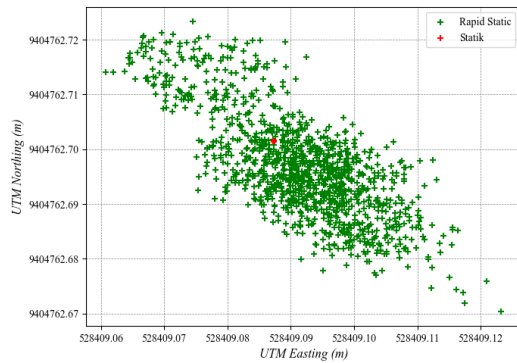
Dari gambar 12 menunjukkan bahwa semakin banyak titik ikat yang digunakan pada pengamatan *rapid static short baseline*, maka nilai ketelitian horizontal yang diperoleh semakin kecil, dan berada pada orde sentimeter (cm) hingga milimeter (mm). Persebaran koordinat pengamatan statik dan *rapid static* dapat dilihat pada gambar berikut.



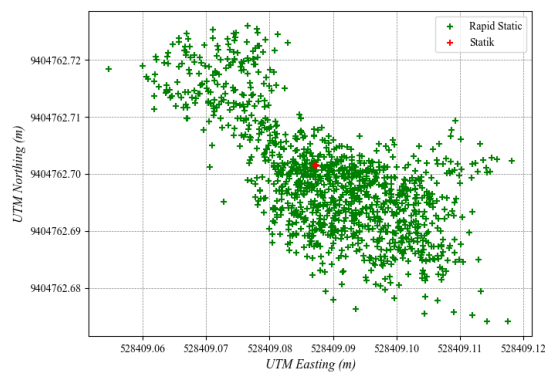
Gambar 13. Sebaran koordinat pengamatan statik dan *rapid static* menggunakan 1 titik ikat pada stasiun pengamatan GGMA



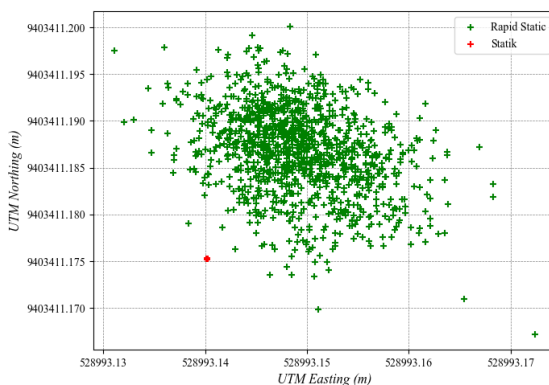
Gambar 14. Sebaran koordinat pengamatan statik dan *rapid static* menggunakan 2 titik ikat pada stasiun pengamatan GGMA



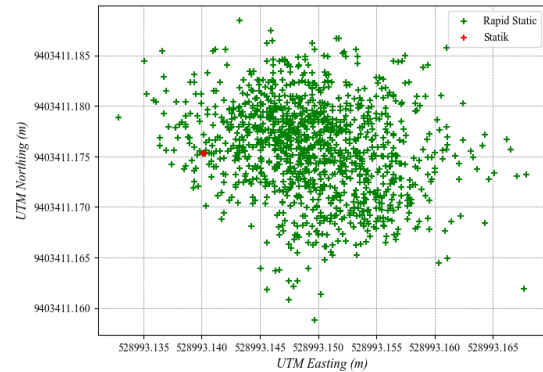
Gambar 15. Sebaran koordinat pengamatan statik dan *rapid static* menggunakan 3 titik ikat pada stasiun pengamatan GGMA



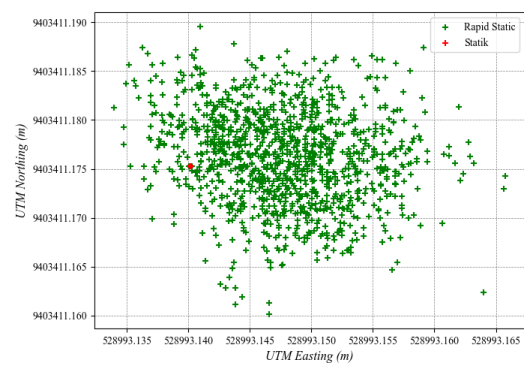
Gambar 16. Sebaran koordinat pengamatan statik dan *rapid static* menggunakan 4 titik ikat pada stasiun pengamatan GGMA



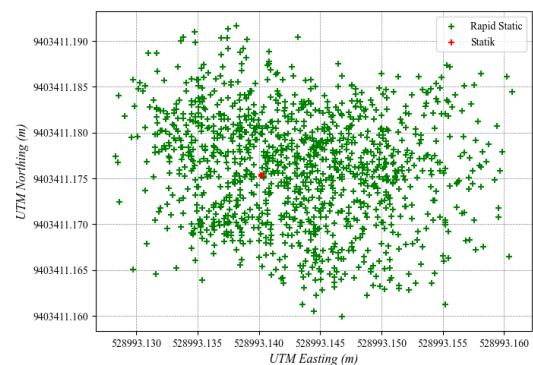
Gambar 17. Sebaran koordinat pengamatan statik dan *rapid static* menggunakan 1 titik ikat pada stasiun pengamatan TNMP



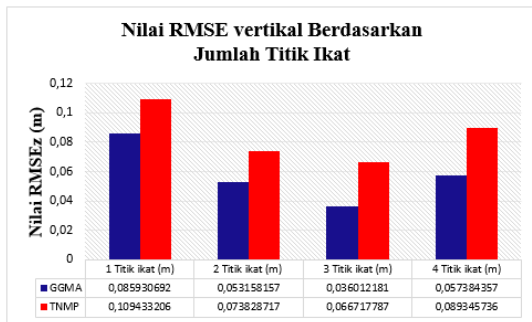
Gambar 18. Sebaran koordinat pengamatan statik dan *rapid static* menggunakan 2 titik ikat pada stasiun pengamatan TNMP



Gambar 19. Sebaran koordinat pengamatan statik dan *rapid static* menggunakan 3 titik ikat pada stasiun pengamatan TNMP



Gambar 20. Sebaran koordinat pengamatan statik dan *rapid static* menggunakan 4 titik ikat pada stasiun pengamatan TNMP



Gambar 21. Nilai RMSE vertikal

Dari gambar 21 dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah titik ikat yang digunakan pada pengamatan *rapid static short baseline*, maka ketelitian vertikal yang dihasilkan semakin baik kecuali pada penggunaan 4 titik ikat. Hal itu dikarenakan kualitas data yang digunakan kurang baik. Untuk nilai akurasi vertikal menunjukkan tingkat ketelitian berada pada orde sentimeter (cm) hingga desimeter (dm).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh jumlah titik ikat yang digunakan dalam pengamatan *rapid static short baseline* dengan memanfaatkan GAMIT TRACK yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut :

1. Semakin banyak titik ikat yang digunakan pada penelitian ini, maka nilai RMSE horizontal yang diperoleh semakin kecil.
2. Dari hasil uji statistik yang telah dilakukan, menunjukan adanya pengaruh dari jumlah titik ikat yang digunakan terhadap ketelitian posisi horizontal maupun ketelitian posisi vertikal.
3. Pengamatan GPS menggunakan metode *rapid static short baseline* menghasilkan ketelitian atau akurasi posisi horizontal pada orde milimeter (mm) hingga sentimeter (cm), hal itu dapat dilihat dari nilai RMSE_{xy}, dimana nilai terkecil yang diperoleh adalah 0,95 cm dan nilai terbesar adalah 1,85 cm.
4. Nilai akurasi posisi vertikal atau RMSE_z yang diperoleh dari pengamatan *rapid static short baseline* berada pada orde sentimeter (cm) hingga desimeter (dm),

nilai terkecil yang diperoleh adalah 3,60 cm dan nilai terbesar adalah 10,94 cm.

Daftar Pustaka

1. Abidin HZ, Jones A, Kahar J. Survei Dengan GPS. Bandung: ITB Press; 2016.
2. Abidin HZ. Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya. Bandung: ITB-Press; 2021.
3. Teunissen PJ., Montenbruck O. Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems. Cham: Springer; 2017.
4. Gurandhi MF, Rudianto B. Evaluasi Spesifikasi Teknik pada Survei GPS. Reka Geomatika - J Online Inst Teknol Nas Bandung. 2013;1(2):109–18.
5. Abidin HZ. Geodesi Satelit. Jakarta: PT. Pradnya Paramita; 2001. 15–45 hal.
6. Kahar J, Purworahardjo U. Geodesi. Bandung: ITB Press; 2008.
7. El-Rabbany A. Introduction to GPS. Norwood: Artech House; 2002.
8. Sickel J Van. GPS for Land Surveyors. Third Edit. Boca Raton: CRC Press; 2008. 1–324 hal.
9. Floyd MA, Herring TA, King RW. Examples using track. Cambridge: UNAVCO Headquarters; 2017.
10. Lu B, Jin J ingp, Duan W yi, Chen L jin, Guan H ye. Research of GPS signal multipath effects based on GAMIT TRACK. Adv Mater Res. 2012;588–589:912–9.
11. Armijon, Yohanes, Dewi C. Analisis Ketelitian Koreksi Geometrik Data Quickbird Pesisir Teluk Lampung Menggunakan GPS Receiver Tipe Navigasi. Bandar Lampung: Universitas Lampung; 2012.