

PENGARUH JUMLAH TITIK IKAT PADA PENGAMATAN GPS METODE *RAPID STATIC LONG BASELINE* DENGAN PENGOLAHAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* GAMIT TRACK

Ilzam Fazli¹, Fajriyanto², Eko Rahmadi³

Universitas Lampung: Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

Tlp. (0724) 70494/Fax. (0721)701609

Teknik Geodesi dan Geomatika FT - UNILA

ilzamfazli123@gmail.com

(Diterima 07 Agustus 2023 , Disetujui 26 Desember 2023)

Abstrak

Dalam survei GPS, ketelitian posisi merupakan hal yang sangat penting bagi pengguna GPS. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi ketelitian posisi dalam pengamatan GPS adalah jumlah titik ikat yang digunakan. Namun, penambahan jumlah titik ikat dalam pengamatan GPS akan mempengaruhi waktu yang diperlukan untuk mengumpulkan data. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan referensi bagi kalangan pengguna GPS dapat membantu menentukan jumlah titik ikat yang optimal untuk digunakan dalam pengamatan GPS.

Penelitian ini menggunakan dua titik sampel dengan metode pengamatan Rapid static selama 30 menit dan pengamatan statik selama 6 jam sebagai titik banding yang tersebar di kota Bandar Lampung yaitu Taman Makam Pahlawan, Tanjung Karang dengan nama titik TMPR dan Graha Mandala Alam, Kedaton dengan nama titik GMAR. Jaring GPS yang diteliti pada penelitian ini termasuk dalam klasifikasi jaring GPS long baseline, dengan panjang baseline 48 km hingga 149 km Adapun titik ikat yang digunakan adalah 4 stasiun Ina-CORS yang tersebar di Provinsi Lampung yaitu CORS CBKA, CORS CKRI, CORS CBJY, CORS CWJP. Skema yang dilakukan pada penelitian ini untuk 1 titik ikat menggunakan CORS CBKA, 2 titik ikat CORS CBKA dan CKRI, 3 titik ikat CORS CBKA, CKRI, dan CBJY, 4 titik ikat CORS CBKA, CKRI, CBJY, dan CWJP data yang sudah terkumpul akan di olah dengan perangkat lunak GAMIT TRACK. Hasil pengolahan rapid static 30 menit akan di uji akurasi terhadap titik banding atau titik yang dianggap benar yaitu statik 6 jam menggunakan RMSE.

Hasil ketelitian akurasi posisi rapid static 30 menit pada dua titik sampel TMPR dan GMAR dengan 1 titik ikat mendapat ketelitian 7,6 cm dan 7,7 cm, dengan 2 titik ikat mendapat ketelitian 7,5 cm dan 7,3 cm, dengan 3 titik ikat mendapat ketelitian 6,5 cm dan 6,2 cm, dengan 4 titik ikat mendapat ketelitian 6,3 cm dan 5,9 cm. Dari hasil penelitian ini penulis merekomendasikan jika terdapat pilihan hanya menggunakan 1 titik ikat sampai 4 titik ikat maka, 3 titik ikat sudah cukup untuk mendapat ketelitian akurasi yang baik yang baik.

Kata kunci: Jumlah titik ikat, Rapid static, Baseline, CORS, GAMIT TRACK

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sistem satelit GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat, Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, GPS

dapat memberikan informasi posisi dengan ketelitian bervariasi dari beberapa milimeter sampai dengan puluhan meter. penggunaan GPS dalam bidang geodesi telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir. GPS merupakan teknologi yang dapat memberikan pengukuran posisi dengan akurasi yang tinggi dan dapat digunakan pada berbagai jenis

aplikasi di bidang geodesi, seperti pemetaan, pemantauan pergerakan benda-benda, dan analisis deformasi bumi. GPS bekerja dengan cara mengukur jarak antara satelit GPS dengan penerima GPS di permukaan bumi. Dari jarak yang diukur tersebut, posisi penerima GPS dapat dihitung dengan menggunakan teknik-triangulasi.

Survei GPS (*Global Positioning System*) adalah suatu cara untuk mengetahui nilai titik koordinat dengan menggunakan bantuan teknologi satelit yang menghasilkan ketelitian sangat akurat (Gleason, 2009). Dalam ilmu dan aplikasi geodesi, ketelitian merupakan masalah utama dalam penentuan posisi.

Pada pengukuran GPS terdapat beberapa metode yang populer salah satunya *Rapid static*. Statik singkat atau juga sering disebut dengan *Rapid static* merupakan metode pengamatan GPS dengan waktu pengamatan lebih singkat, lama waktu pengamatan antara 5 menit sampai 20 menit dengan mengandalkan proses penentuan ambiguitas fase yang cepat dan tentunya membutuhkan *software* ilmiah yang andal dan canggih. (Abidin, 2021) seperti GAMIT TRACK untuk mendapatkan koordinat ketelitian yang tinggi hingga fraksi milimeter.

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi akurasi pengukuran posisi dengan GPS adalah jumlah titik ikat (stasiun referensi) yang digunakan pada pengamatan GPS. (Abidin, 2021) Titik ikat adalah titik yang koordinatnya diketahui dengan akurasi tinggi, seperti stasiun GPS atau titik kontrol. Mereka digunakan untuk menghubungkan berbagai observasi GPS dan membentuk jaringan titik, yang kemudian digunakan untuk menentukan posisi titik-titik yang tidak diketahui. Pada umumnya, semakin banyak titik ikat yang digunakan dalam pengamatan GPS, maka semakin akurat pula hasil pengukuran posisi yang diperoleh.

Namun, penambahan jumlah titik ikat dalam pengamatan GPS akan mempengaruhi waktu yang diperlukan untuk mengumpulkan data dan juga biaya yang diperlukan untuk mengumpulkan data tersebut. Oleh karena itu, diperlukan analisis mengenai pengaruh jumlah titik ikat terhadap akurasi pengukuran posisi dengan GPS. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengkaji pengaruh jumlah titik ikat pada akurasi

pengukuran posisi dengan GPS. Namun, masih terdapat perbedaan pendapat mengenai jumlah titik ikat yang ideal untuk digunakan dalam pengukuran posisi dengan GPS. Selain itu, penelitian yang telah dilakukan sebelumnya belum membahas mengenai pengaruh jumlah titik ikat pada pengamatan GPS dengan menggunakan metode pengamatan *Rapid static* dengan *long baseline*.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk lebih memperdalam pemahaman mengenai pengaruh jumlah titik ikat pada akurasi pengukuran posisi dengan GPS dan menentukan jumlah titik ikat yang diperlukan untuk mendapatkan akurasi pengukuran posisi dengan tingkat yang diinginkan, serta menentukan waktu dan biaya yang diperlukan untuk mengumpulkan data dengan jumlah titik ikat tertentu. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi para ahli geodesi, surveyor, dan teknisi yang menggunakan teknologi GPS dalam pengukuran posisi, serta dapat memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi GPS di masa yang akan datang.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh jumlah titik ikat terhadap ketelitian koordinat pada pengukuran metode *Rapid static long baseline* menggunakan GAMIT TRACK?
2. Seberapa besar perbedaan ketelitian akurasi pada variasi 1 titik ikat, 2 titik ikat, 3 titik ikat, dan 4 titik ikat yang digunakan dalam pengamatan *long baseline* metode *Rapid static* menggunakan GAMIT TRACK?
3. Seberapa besar pengaruh jumlah titik ikat dari masing-masing titik ikat yang digunakan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

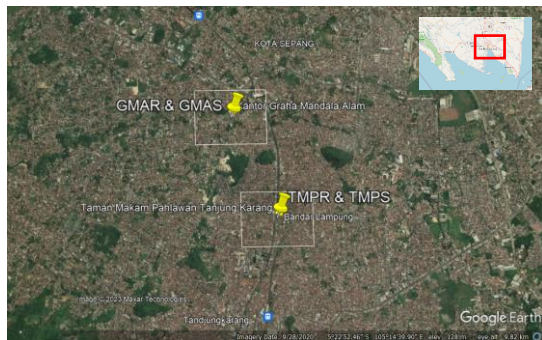
1. Mengetahui akurasi posisi yang didapatkan pada pengamatan metode *Rapid static* dengan *long baseline*.
2. Mengetahui signifikansi perbedaan ketelitian koordinat yang dihasilkan pada penggunaan jumlah titik ikat dalam

pengamatan GPS menggunakan metode *Rapid static long baseline* menggunakan GAMIT TRACK.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Bandar Lampung. Pengamatan ini dilakukan pada 2 lokasi berbeda yang tersebar di Kota Bandar Lampung lokasi pertama berada di Taman Makam Pahlawan, Tanjung Karang, dan lokasi kedua berada di Graha Mandala Alam, Kedaton. Pengambilan data dilakukan dengan metode *Rapid static* 30 menit, dan statik 6 jam.



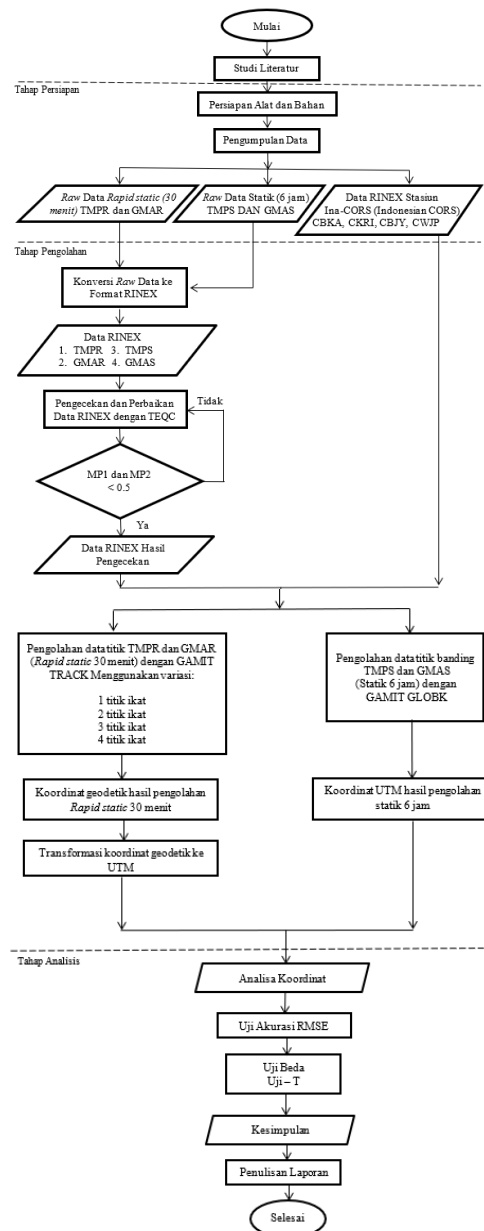
Gambar 1. Lokasi titik pengamatan
(Sumber: hasil modifikasi Google Earth)

Adapun detail lokasi pengamatan yang akan dijelaskan sebagai berikut :

1. TMPS: titik pengamatan yang di lakukan selama 30 menit yang terletak tepat di Taman Makam Pahlawan, Tanjung Karang, Bandar Lampung, Lampung.
2. TMPS: titik banding yang di lakukan selama 6 jam yang terletak tepat di Taman Makam Pahlawan, Tanjung Karang, Bandar Lampung, Lampung.
3. GMAR: titik pengamatan yang di lakukan selama 30 menit yang terletak tepat di Graha Mandala Alam, Kedaton, Bandar Lampung, Lampung.
4. GMAS: titik banding yang di lakukan selama 6 Jam yang terletak tepat di Graha Mandala Alam, Kedaton, Bandar Lampung, Lampung.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

2.3 Tahap Persiapan

Tahap ini adalah langkah awal memulai penelitian yang terdiri dari studi literatur, persiapan administrasi, persiapan alat dan bahan.

1. Studi literatur

Tahap ini dilakukan untuk memperoleh referensi serta teori-teori yang mendukung penelitian ini. Studi literatur yang digunakan pada penelitian ini diambil dari jurnal penelitian, buku, dan artikel dari internet.

2. Tahap persiapan alat dan bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Perangkat Keras
 - a. *Receiver* GNSS Hi Target V30/V60
 - b. Laptop
 - c. *Mouse*
 - d. Statif
 - e. *Tribrach*
 - f. Meteran
2. Perangkat Lunak
 - a. Sistem Operasi Windows 11 dan Linux Ubuntu 20.04.
 - b. TEQC untuk memotong data RINEX dan pengecekan kualitas data pengamatan.
 - c. Perangkat lunak GAMIT TRACK versi 10.7 untuk pengolahan data pengamatan *Rapid static* 30 menit..
 - d. Perangkat lunak GAMIT GLOBK versi 10.7 untuk pengolahan data pembanding statik 6 jam.
 - e. *Python* 3.10
 - f. *Notepad* untuk pengecekan data.
 - g. *Microsoft Office* (*Word*, *Excels* dan *PowerPoint*) untuk penulisan laporan.

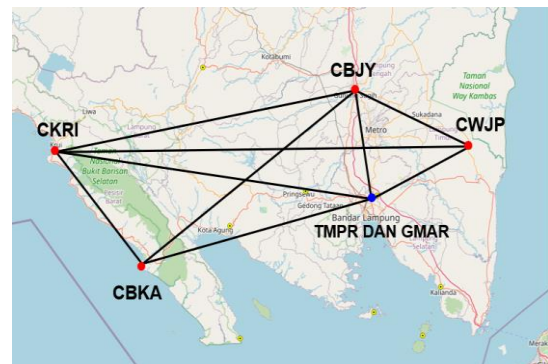
Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Data primer yang digunakan pada penelitian ini yaitu *raw* data dari pengamatan menggunakan alat Hi-Target V60 dan Hi-Target V30 dengan GPS satelit. Ada 2 pengambilan data di setiap lokasi. Pengamatan pertama menggunakan metode *Rapid static* selama 30 menit, diikuti metode statik selama 6 jam dengan data RINEX doy 352 tahun 2022. Lokasi pertama di Taman Makam Pahlawan dan lokasi kedua di Graha Mandala Alam. Interval pengamatan *Rapid static* dan statik adalah 30 detik. *Raw* data diubah menjadi format RINEX untuk pengolahan lebih lanjut.
2. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini yaitu data pendukung yang diperlukan saat pengolahan data menggunakan *software* GAMIT TRACK dengan cara mengunduh dari situs penyedia data atau mengunduh secara otomatis saat pengolahan online menggunakan GAMIT TRACK. Data yang diunduh berupa *file Ephemeris*

(*sp3), *file ionex* dan *file Command Prompt*, *File ambin*.

- a. *File ephemeris* (*.sp3), yakni file yang berisi informasi berkaitan dengan satelit baik kesehatan satelit, dan juga posisi satelit.
- b. *File ionex* (.yyi), yaitu *file* berisi nilai parameter ionosfer.
- c. *File command prompt* (.cmd), yaitu *file* berisi opsi-opsi pengolahan program.
- d. *File ambin* (.amb), yaitu *file* berisikan nilai bias parameter pada pengolahan.

Adapun data primer yang digunakan sebagai titik ikat pada penelitian ini yaitu data RINEX stasiun Ina-CORS yang tersebar di Provinsi Lampung, yaitu CBKA, CKRI, CBJY, dan CWJP, yang berfungsi sebagai titik ikat dapat diunduh melalui <https://srgi.big.go.id/> (Sistem Referensi Geospasial Indonesia).



Gambar 3. Persebaran titik ikat (Stasiun Ina-CORS) yang digunakan dalam penelitian (Sumber : <https://srgi.big.go.id/jkg-active#>)

2.4 Pengolahan Data

Adapun tahap pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Konversi *raw* data pengamatan.
Data *raw* titik TMPR dan GMAR harus dilakukan konversi ke format RINEX versi 2.11 menggunakan perangkat lunak HGO (*HI Target Geomatics Office*).
2. Pengecekan kualitas data pengamatan dengan TEQC
Data RINEX titik TMPR dan GMAR ini selanjutnya dilakukan pengecekan kualitas data menggunakan perangkat lunak TEQC untuk mengetahui informasi tentang rentan waktu pengamatan, interval perekaman

data, nilai *multipath* data serta informasi lainnya.

3. Pengolahan data pengamatan dengan GAMIT TRACK

Pengolahan dengan menggunakan GAMIT TRACK diawali dengan pembuatan direktori kerja yang dibuat dibawah direktori proses, letaknya berada direktori *HOME*. Didalam direktori kerja memuat satu folder yang berisi *file-file* yang disiapkan untuk pengolahan GAMIT TRACK, antara lain :

- a. Data *file ionosfer* dengan format **.yyi*. *File* dapat diunduh otomatis pada terminal linux dengan perintah “*sh_get_ion -yr (yyyy) -doy (ddd)*”.
- b. Data *file orbit* satelit yaitu *file* yang bertipe final precise ephemeris dengan format **.sp3*. *File* diunduh secara otomatis pada terminal linux dengan perintah “*sh_get_orbits -archive sopac -yr (yyyy) -doy (ddd) -ndays (num) -orbits igsf*”.
- c. Data *file rinex* observasi dengan format **.yyo*. Data perekaman diambil langsung dari *file rinex* hasil pengamatan. dan *file rinex* ina-CORS yang akan digunakan sebagai titik ikat yaitu CBKA,CKRI,CBJY,CWJP.
- d. Data *file track* dengan format **.cmd*. Masing-masing data *rinex* yang didapatkan oleh hasil pengamatan GPS, kemudian diproses dengan menyusun script *track.cmd* yang mana pada script tersebut berisikan *file-file* yang dibutuhkan untuk menjalankan perintah pengolahan data. *Command* yang digunakan dapat dilihat dibawah ini.

Track -f <command file> -d <day> -w <week>

Setelah memiliki semua data input yang diperlukan, maka pengolahan pada *track* dapat langsung dilakukan dengan menggunakan fitur automatic batch processing. Pengolahan ini dilakukan running selama tiga kali, yaitu :

- a. Pengolahan *track* pertama untuk mendapatkan koordinat pendekatan.
- b. Pengolahan *track* kedua untuk mendapatkan nilai ambiguitas.

- c. Pengolahan *track* tahap ketiga untuk mendapatkan nilai koordinat final. Hasil akhir yang didapatkan dari pengolahan ini berupa titik-titik koordinat pada setiap epok yang berada dalam satu *file* didalam *file* LC.

Adapun data yang diolah di GAMIT TRACK berjumlah 8 data yaitu :

- a. Titik TMPR (*Rapid static* 30 menit) dengan titik ikat ina-CORS CBKA.
 - b. Titik GMAR (*Rapid static* 30 menit) dengan titik ikat ina-CORS CBKA.
 - c. Titik TMPR (*Rapid static* 30 menit) dengan titik ikat ina-CORS CBKA dan CKRI.
 - d. Titik GMAR (*Rapid static* 30 menit) dengan titik ikat ina-CORS CBKA dan CKRI.
 - e. Titik TMPR (*Rapid static* 30 menit) dengan titik ikat ina-CORS CBKA, CKRI dan CBJY.
 - f. Titik GMAR (*Rapid static* 30 menit) dengan titik ikat ina-CORS CBKA, CKRI dan CBJY.
 - g. Titik TMPR (*Rapid static* 30 menit) dengan titik ikat ina-CORS CBKA, CKRI, CBJY dan CWJP.
 - h. Titik GMAR (*Rapid static* 30 menit) dengan titik ikat ina-CORS CBKA, CKRI, CBJY dan CWJP.
4. Pengolahan data pembandingan dengan GAMIT GLOBK
- Tahap pengolahan pertama diawali dengan *software* GAMIT dengan membuat direktori kerja yang berfungsi sebagai tempat untuk melakukan proses pengolahan. Direktori kerja didalamnya berisi beberapa folder antara lain:
- a. *Folder igs*, untuk menyimpan *file* precise ephemeris.
 - b. *Folder brdc*, untuk menyimpan *file* broadcast ephemeris
 - c. *Folder RINEX*, untuk menyimpan data pengamatan yaitu *file* RINEX.
 - d. *Folder tables*, berisi *file* kontrol yang berkaitan dengan proses pengolahan.

Setelah menyusun folder kerja maka dilakukan editing control *file* pada folder *tables*, tahapan selanjutnya dilakukan pengolahan data GPS secara otomatis (*Automatic batch processing*) pada

terminal linux untuk mengunduh data pendukung. Dengan menggunakan perintah seperti berikut :

```
sh_gamit -expt [expt] -d yyyy d1 -pres ELEV -orbit IGSF
```

Hasil yang didapatkan dari pengolahan menggunakan *software* GAMIT adalah :

- H-file*, *file* yang berisi parameter berupa matriks varian kovarian yang akan digunakan pada pengolahan selanjutnya menggunakan GLOBK.
- Q-file*, *file* yang berisi hasil analisis proses pengolahan data GPS dengan GAMIT.
- Autcl.summary-file*, yang terdiri atas *file autcln.prefit.sum* dan *autcln.post.sum*. kedua *file* tersebut berisi data statistik hasil editing dengan autcln.

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan GLOBK dengan matriks varian kovarian untuk mendapatkan nilai koordinat. Data tersimpan didalam *h-file*. Tahapan pengolahan dengan GLOBK adalah:

- Penyuntingan *file.cmd*
Penyuntingan *file.cmd* bertujuan untuk memberikan opsi yang diperlukan untuk hasil akhir pengolahan. Perhitungan koordinat menggunakan GLRED
- Proses pengolahan data menggunakan GLRED berfungsi untuk melakukan perhitungan posisi masing-masing titik pengamatan dengan menggunakan matriks varian kovarian yang terdapat di dalam *h-file* dengan perintah berikut (Herring, 2015):

```
sh_glred -expt [expt] -d yyyy d1 -opt H G T
```

Pengolahan menggunakan GLRED menghasilkan koordinat posisi harian dan rata-rata harian tiap stasiun pengamatan beserta nilai simpangan baku. *File* tersebut berada dalam folder *gsoln* dengan format nama *file* globk [nama project] yydd.org. untuk mendapatkan nilai koordinat rata-rata maka kita harus melakukan

pengabungan dengan cara membuat *folder* *vsln* dan *mencopy* data *file* globk.cmd dan *glorg.cmd* yang berada di folder *gsln* ke *vsln*. Setelah itu kita membuat *file* di folder *vsln* dengan perintah `ls ../glbf/*glx > [nama project].gdl` dan selanjutnya proses penggabungan dengan melakukan perintah `globk 6 globk_replong.log globk_replong.prt [nama project].gdl globk.cmd` *file* final hasil gabungan koordinat dengan format nama `globk_[nama project]_yydd.org`.

2.5 Transformasi Koordinat ke UTM

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*).

2.6 Analisa Hasil Koordinat Pengolahan

Dalam penelitian ini, analisa akan dilakukan terhadap nilai koordinat hasil pengolahan untuk mengetahui perbedaan koordinat dari setiap penggunaan jumlah titik ikat dan akurasi yang dihasilkan. Nilai koordinat yang digunakan dalam perhitungan selisih dan perhitungan akurasi posisi pada setiap penggunaan jumlah titik ikat yang di gunakan pada 2 lokasi titik pengamatan yang berbeda yang pertama titik TMPR di Taman Makam Pahlawan menggunakan metode *Rapid static* dan titik GMAR di Graha Mandala Alam juga menggunakan *Rapid static* dan di setiap lokasi titik pengamatan juga di lakukan pengamatan statik selama 6 jam sebagai titik pembanding titik TMPS di Taman Makam Pahlawan dan titik GMAS di Graha Mandala Alam.

2.7 Uji Akurasi Posisi

Dalam penelitian ini, ketelitian mengacu pada perbedaan koordinat (Northing, Easting) antara pengamatan TMPR (*Rapid static* 30

menit) dengan pengamatan TMPS (statik 6 jam). Pengukuran akurasi menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE adalah akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai koordinat data dan nilai koordinat dari sumber independen yang akurasi lebih tinggi. Analisis akurasi posisi menggunakan RMSE, yang menggambarkan nilai perbedaan antara titik uji dengan titik sebenarnya. Sesuai dengan teori RMSE yaitu semakin kecil RMSE yang dihasilkan (mendekati nilai 0) akan menghasilkan akurasi yang lebih baik. Berikut rumus RMSE seperti dapat dilihat pada persamaan 1 (Perka BIG No. 15 Tahun, 2014):

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_n^i (X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}}{n}$$

Keterangan :

X_1 : 60 koordinat sumbu X *Rapid static* 30 menit (GAMIT TRACK)

X_2 : nilai koordinat sumbu X Statik 6 jam (GAMIT GLOBK)

Y_1 : 60 koordinat sumbu Y *Rapid static* 30 menit (GAMIT TRACK)

Y_2 : nilai koordinat sumbu Y Statik 6 jam (GAMIT GLOBK)

n : Jumlah data

2.8 Uji Beda

Uji beda koordinat menggunakan metode uji-t untuk mengetahui perbedaan hasil koordinat dari masing-masing pengolahan yang dilakukan. Untuk melakukan diperlukan mencari nilai selisih antar dua kelompok dimana selisih kedua nilai ini akan dibagi dengan hasil akar dari penjumlahan standar deviasi kuadrat antara kedua kelompok. Berikut model matematis yang digunakan (Soeprajogo, 2020).

$$t = \frac{\bar{x}_l - \bar{x}_u}{sp \sqrt{\frac{1}{n_l} + \frac{1}{n_u}}} \dots \dots \dots (1)$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \dots \dots \dots (2)$$

Dasar pengambilan keputusan, yaitu H_0 tidak diterima jika nilai T-hitung > T-tabel, hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat

perbedaan yang signifikan. H_0 diterima jika nilai T-hitung < T-tabel, maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Pada pengujian ini dilakukan untuk melihat seberapa besar pengaruh antara penggunaan 1 titik ikat dengan 2 titik ikat, 2 titik ikat dengan 3 titik ikat, 3 titik ikat ke 4 titik ikat. Peneliti menggunakan uji-t dengan tingkat kepercayaan 95% serta derajat kebebasan (degree of freedom; df) dihitung menggunakan persamaan 4 dan 5 pengujian dalam penelitian ini menggunakan koordinat hasil pengolahan GAMIT TRACK 60 data koordinat karena perekaman 30 menit dengan interval 30. Jadi, setiap penggunaan variasi titik ikat terdapat 60 data koordinat pengamatan titik TMPS dan GMAR (koordinat UTM), berikut ini pengujian yang akan dilakukan:

1. Skenario 1 uji beda antara penggunaan 1 titik ikat dengan penggunaan 2 titik ikat
2. Skenario 2 uji beda antara penggunaan 2 titik ikat dengan penggunaan 3 titik ikat
3. Skenario 3 uji beda antara penggunaan titik ikat dengan penggunaan 4 titik ikat

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil pengolahan TEQC

Hasil pengecekan data RINEX menggunakan TEQC memberikan informasi mengenai kualitas data RINEX beserta jumlah satelit yang teramati pada saat pengambilan data. Berikut ini adalah tabel hasil pengecekan kualitas data RINEX pengamatan dan data RINEX pembandingan dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Nilai kualitas data *Rapid static* 30 menit

Titik	DOY	MP1 (m)	MP2 (m)	Interval (s)
TMPS	352	0,37	0,35	30
GMAR	352	0,30	0,33	30

Tabel 2. Nilai kualitas data Statik 6 jam

Titik	DOY	MP1 (m)	MP2 (m)	Interval (s)
TMPS	352	0,32	0,30	30
GMAS	352	0,38	0,33	30

Pada tabel 1. Dan tabel 2. menunjukan nilai MP1 dan MP2 atau efek multipath dengan

rentan 0,29 sampai 0,34, nilai tersebut masuk dalam toleransi karena $< 0,5$. Sehingga dapat dikatakan bahwa dalam pengolahan ini data RINEX satelit GPS memiliki efek multipath tergolong kecil atau sedikit.

3.2 Hasil Pengolahan Data Pengamatan *Rapid static* 30 menit dengan GAMIT TRACK

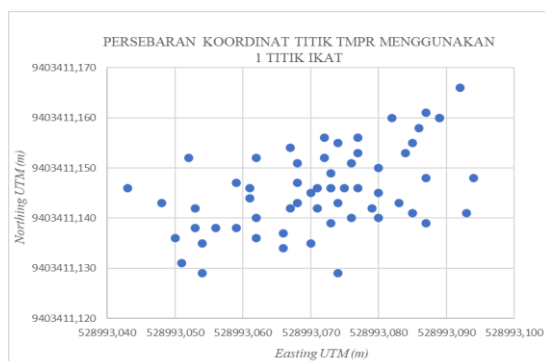
Hasil pengolahan menggunakan *software* GAMIT TRACK terdapat 60 data koordinat geodetik dari setiap titik pengamatan dengan variasi 1 titik ikat, 2 titik ikat, 3 titik ikat, dan 4 titik ikat yang terdapat pada output *file* (*.LC) karena interval perekaman 30 detik dengan waktu perekaman selama 30 menit.

Tabel 3. Contoh hasil pengolahan GAMIT TRACK titik TMPR 1 titik ikat

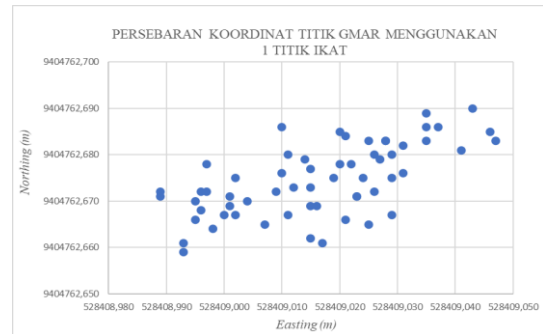
NO	*YY	DOY	Jam	Menit	Detik	Easting (m)	Northing(m)
1	2022	352	14	22	0,00042	528.993,089	9.403.411,160
2	2022	352	14	22	30,00046	528.993,087	9.403.411,161
3	2022	352	14	23	0,00049	528.993,076	9.403.411,151
-	-	-	-	-	-	-	-
57	2022	352	14	50	0,000495	528.993,053	9.403.411,142
58	2022	352	14	50	29,99953	528.993,061	9.403.411,146
59	2022	352	14	50	59,99957	528.993,050	9.403.411,136
60	2022	352	14	51	29,99961	528.993,054	9.403.411,129

Pada tabel 3. merupakan contoh *Output file* (L.C) dari salah satu variasi titik ikat yang digunakan dalam penelitian. Hasil pengolahan GAMIT TRACK terdapat 60 koordinat geodetik yang sudah di transformasikan ke koordinat UTM.

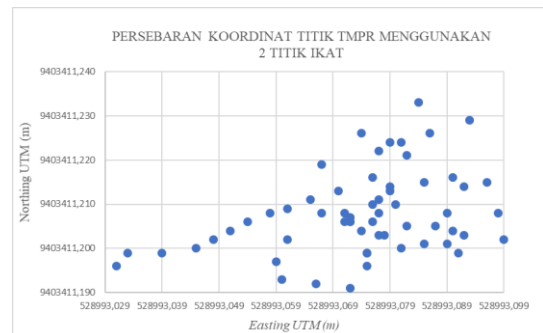
Untuk persebaran koordinat dari variasi 1 titik ikat, 2 titik ikat, 3 titik ikat, dan 4 titik ikat pada titik TMPR dan GMAR hasil pengolahan GAMIT TRACK yang sudah di *plot* akan di tampilkan di bawah ini:



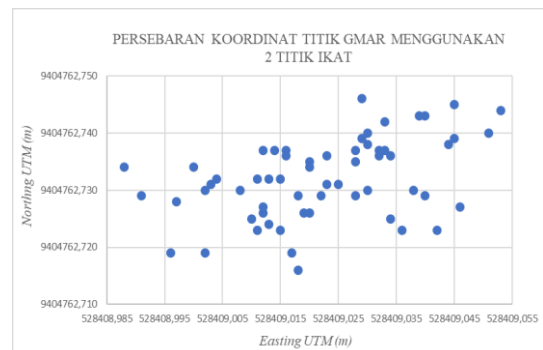
Gambar 4. Hasil *plotting* TMPR 1 titik ikat



Gambar 5. Hasil *plotting* GMAR 1 titik ikat



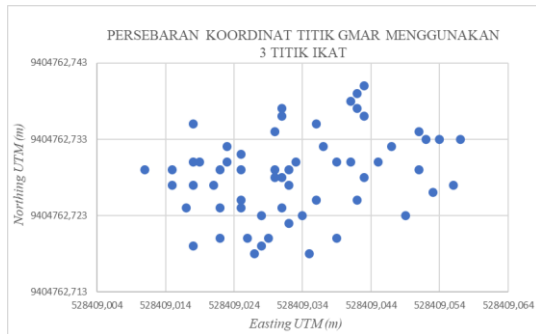
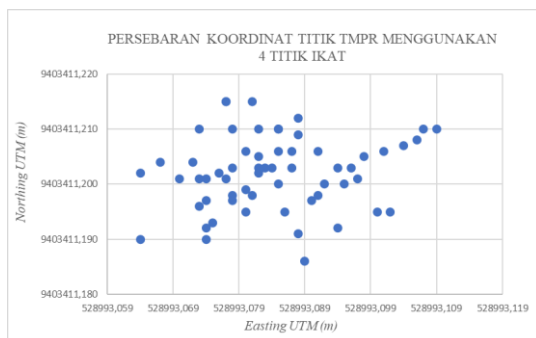
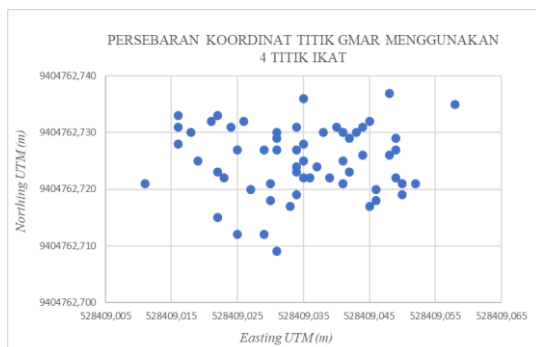
Gambar 6. Hasil *plotting* TMPR 2 titik ikat



Gambar 7. Hasil *plotting* GMAR 2 titik ikat



Gambar 8. Hasil *plotting* TMPR 3 titik ikat

Gambar 9. Hasil *plotting* GMAR 3 titik ikatGambar 10. Hasil *plotting* TMPR 4 titik ikatGambar 11. Hasil *plotting* GMAR 4 titik ikat

3.3 Hasil Pengolahan Data Pembanding statik 6 jam Dengan GAMIT GLOBK

Hasil pengolahan dengan GAMIT GLOBK adalah berupa nilai koordinat di setiap titik yang berdasarkan pada perhitungan matriks varian kovarian. Hasil pengolahan GAMIT GLOBK adalah *file* berekstensi *.org. Hasil dari pengolahan ini ialah nilai koordinat UTM pada setiap titik pengamatan, yang disajikan seperti dalam tabel berikut:

Tabel 4. Nilai koordinat data pembanding

Titik	<i>EASTING</i> (m)	<i>NORTHING</i> (m)
TMPS	528.993,1402	9.403.411,1753
GMAS	528.409,0873	9.404.762,7015

Koordinat diatas merupakan nilai koordinat dari statik 6 jam yang digunakan sebagai data pembanding yang akan di uji menggunakan uji RMSE terhadap titik pengamatan *Rapid static* 30 menit.

3.4 Analisa Hasil Koordinat

Analisis hasil koordinat dilakukan untuk melihat pengaruh dari berbagai variasi jumlah titik ikat seberapa besar pengaruh dari berbagai variasi 1 titik ikat, 2 titik ikat, 3 titik ikat, dan 4 titik ikat terhadap ketelitian akurasi posisi yang dihasilkan dalam penelitian.

3.5 Hasil Uji Akurasi Posisi

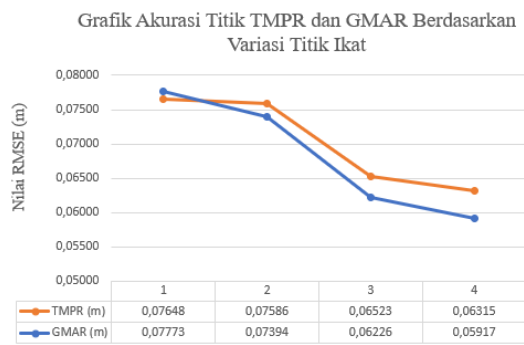
Perhitungan akurasi posisi dilakukan untuk melihat ketelitian yang didapatkan dari Pengamatan TMPR dan GMAR (*Rapid static* 30 menit) dengan 60 data koordinat yang di hasilkan *software* ilmiah GAMIT TRACK terhadap TMPS dan GMAS (statik 6 jam) dengan pengolahan GAMIT GLOBK dengan menggunakan rumus RMSE. Berikut tabel dan grafik akurasi hasil perhitungan RMSE:

Tabel 5. Nilai RMSE titik TMPR

TMPR		
Variasi titik ikat	Variasi <i>baseline</i> (Stasiun Ina-Cors)	RMS <i>error</i> (m)
1 titik ikat	CBKA	0,0764848572224
2 titik ikat	CBKA dan CKRI	0,0758643964196
3 titik ikat	CBKA, CKRI, dan CBJY	0,0652265794335
4 titik ikat	CBKA, CKRI, CBJY, dan CWJP	0,0631547833924

Tabel 6. Nilai RMSE titik GMAR

GMAR		
Variasi titik ikat	Variasi <i>baseline</i> (Stasiun Ina-Cors)	RMS <i>error</i> (m)
1 titik ikat	CBKA	0,0777257787265
2 titik ikat	CBKA dan CKRI	0,0739388712261
3 titik ikat	CBKA, CKRI, dan CBJY	0,0622573701238
4 titik ikat	CBKA, CKRI, CBJY, dan CWJP	0,0591745724129



Gambar 12. Grafik akurasi titik TMPR dan GMAR.

3.6 Hasil Uji Beda

Uji beda pada penelitian ini menggunakan uji-t dengan tingkat kepercayaan 95% sehingga nilai $df = 2,000$. Dasar pengambilan keputusan dalam uji-t adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai t hitung $> t$ tabel, maka hasil uji ditolak (signifikan) karena terdapat perbedaan yang signifikan.
2. Jika nilai t hitung $\leq t$ tabel, maka hasil uji tidak ditolak (tidak signifikan) karena tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Adapun nilai uji-t masing-masing skenario dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7. Hasil uji beda

TMPR				
Skenario	Koordinat	t-hitung	t-tabel $\alpha/2 = 0,025 \text{ df} = 60$	Hasil Uji
1	EASTING	0,0149	2,000	Tidak Signifikan
	NORTHING	0,3409	2,000	Tidak Signifikan
2	EASTING	0,0480	2,000	Tidak Signifikan
	NORTHING	0,0240	2,000	Tidak Signifikan
3	EASTING	0,0087	2,000	Tidak Signifikan
	NORTHING	0,0078	2,000	Tidak Signifikan
GMAR				
Skenario	Koordinat	t-hitung	t-tabel $\alpha/2 = 0,025 \text{ df} = 60$	Hasil Uji
1	EASTING	0,0332	2,000	Tidak Signifikan
	NORTHING	0,3147	2,000	Tidak Signifikan
2	EASTING	0,0580	2,000	Tidak Signifikan
	NORTHING	0,0199	2,000	Tidak Signifikan
3	EASTING	0,0100	2,000	Tidak Signifikan
	NORTHING	0,0176	2,000	Tidak Signifikan

Berdasarkan hasil perhitungan uji signifikansi (uji-t) yang telah dilakukan pada masing-masing skenario menunjukkan hasil $t_{hitung} < t_{tabel}$, sehingga secara statistik dapat dikatakan bahwa koordinat yang dihasilkan dari masing-masing skenario tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

4. Simpulan dan saran

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dari uji akurasi dan uji beda yang di jelaskan sebelumnya diperoleh kesimpulan pada studi ini sebagai berikut:

1. Nilai RMSE hasil perhitungan akurasi titik TMPR dan GMAR (*Rapid static* 30 menit) terhadap titik banding titik TMPS dan GMAS (statik 6 jam) untuk 1 titik ikat menghasilkan nilai RMSE sebesar 7,7 cm hingga 7,6 cm dan untuk 2 titik ikat dengan nilai RMSE 7,5 cm hingga 7,3 cm sedangkan untuk 3 titik ikat dengan nilai RMSE 6,5 cm hingga 6,2 cm dan untuk 4 titik ikat dengan nilai RMSE sebesar 6,3 cm hingga 5,9 cm.
2. Hasil pengujian menurut statistika menggunakan uji-t menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada skenario 1, 2, dan 3. Dapat dikatakan bahwa pada penambahan jumlah titik ikat dari 1 titik ikat hingga 4 titik ikat dengan *long baseline* tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap ketelitian koordinat menurut pengujian statistika.
3. Berdasarkan yang sudah di jelaskan di atas bisa di simpulkan bahwa 1 titik ikat dan 2 titik ikat memiliki nilai RMS error yang lebih tinggi di banding dengan 3 titik ikat dan 4 titik ikat tapi tidak terlalu signifikan. Jadi, disini dapat dikatakan 3 titik ikat dan 4 titik lebih baik di banding 1 titik ikat dan 2 titik ikat pada penelitian ini.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, saran yang dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak GAMIT TRACK, maka perlu penelitian selanjutnya menggunakan perangkat lunak lain, baik perangkat lunak ilmiah maupun perangkat lunak komersial untuk mengkaji lebih dalam tentang pengaruh jumlah titik ikat terhadap akurasi posisi pada pengamatan GPS.
2. Pada penelitian pengaruh jumlah titik ikat yang akan dilakukan selanjutnya sebaiknya untuk dapat mencari faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan hasil

dari jumlah penggunaan titik ikat yang dipakai.

3. Untuk penelitian pengaruh jumlah titik ikat dengan *long baseline* selanjutnya, sebaiknya mencari titik ikat dengan panjang baseline yang sama atau tidak terlalu jauh perbedaannya untuk mengkaji lebih dalam tentang pengaruh jumlah titik ikat dengan *long baseline*.

Daftar Pustaka

- Abidin, Hasanuddin Zainal. 2021. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. ITB Press. Bandung.
- Bambang, R. 2013. Pengaruh Penambahan Jumlah Titik Ikat terhadap Peningkatan Ketelitian Posisi Titik pada Survei GPS. Jurnal online ITN.
- BIG. 2022. Badan Informasi Geospasial. <https://srgi.big.go.id/page/jaring-kontrol-geodesi>. Diakses pada 20 Oktober 2022.
- Gleason, Scott., dan Gabre-Egziabher, Demoz. 2009. *GNSS applications and methods*. Artech House.
- Herring, Thomas A., Floyd, Micheal A., King, Robert W., dan McClusky, Simon C. 2015. *GLOBK Reference Manual Release 10.6. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology*.
- Herring, T. A., Floyd, M.A. dan Perry, M. 2018. 'Introduction to and basics of processing with track'. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, University of Montana. Missoula.
- Soeprajogo, Magdalena Purnama., dan Ratnaningsih, Nina. 2020. Perbandingan Dua Rata-Rata UJI-T (Pusat Mata Nasional). Rumah Sakit Mata CICENDO.