

## PENGARUH JUMLAH TITIK IKAT TERHADAP KETELITIAN POSISI TITIK PENGAMATAN GPS KINEMATIK

Ashsidiqie Rajna<sup>1</sup>, Fajriyanto<sup>2</sup> Eko Rahmadi<sup>3</sup>

Universitas Lampung; Jl. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

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

Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT – UNILA

ashsidiqie91@gmail.com

(Diterima 07 Februari 2024, Disetujui 21 Juni 2024)

### Abstrak

Strategi pengolahan data yang diterapkan pada pengamatan GPS kinematik adalah dengan melakukan proses pengurangan data pengamatan GPS antara titik pantau dengan stasiun referensi pada waktu bersamaan. Diharapkan dengan strategi ini, kesalahan dan bias dari data dapat dieliminasi dan direduksi. Selain itu, dengan memanfaatkan sejumlah stasiun monitor, dimungkinkan untuk menentukan parameter berbagai kesalahan bias (seperti orbit, ionosfer, dan troposfer) yang selanjutnya dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi penempatan titik. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk menganalisa tingkat ketelitian posisi suatu objek pengamatan. Data yang digunakan adalah data pengamatan kinematik *short baseline* yang direkam dengan lintasan berbentuk lingkaran dengan interval perekaman 1 detik, selain itu juga digunakan pengamatan statik sebagai titik ikat dengan panjang *baseline* < 10 km. Pengolahan data kinematik dilakukan dengan menggunakan *GAMIT TRACK*. Analisa yang digunakan terhadap hasil yang diperoleh adalah metode RMSE (*Root Mean Square Error*), hal ini digunakan untuk melihat ketelitian jarak yang dihasilkan berdasarkan jumlah titik ikat yang digunakan. Dari penelitian ini diperoleh hasil Semakin banyak titik ikat yang digunakan, maka nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) yang dihasilkan semakin kecil, hal ini menunjukkan bahwa jumlah titik yang digunakan dapat mempengaruhi ketelitian yang dihasilkan. Nilai ketelitian yang dihasilkan pada penelitian ini berada pada orde sentimeter (cm). Hal tersebut dapat dilihat dari nilai RMSE, yaitu terbesar adalah 8,476 cm pada penggunaan 1 titik ikat di stasiun pengamatan TNMP dan yang terkecil adalah sebesar 2,694 cm pada penggunaan 4 titik ikat di stasiun pengamatan GGMA.

**Kata kunci:** kinematik, RMSE, *short baseline*, *GAMIT TRACK*, GPS

### 1. Pendahuluan

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, secara *kontinu* di seluruh dunia tanpa tergantung waktu dan cuaca, kepada banyak orang secara *simultan*. Pada saat ini, sistem GPS sudah sangat banyak digunakan orang di seluruh dunia. Di Indonesia pun, GPS sudah banyak diaplikasikan, terutama yang terkait dengan aplikasi-aplikasi yang menuntut informasi tentang posisi. Penentuan posisi dengan *survey GNSS* dapat dilakukan dengan

beberapa metode antara lain, *rapid static*, *stop and go*, *real time*, *pseudo-kinematic*.

Strategi pengolahan data yang diterapkan pada pengamatan GPS kinematik adalah dengan melakukan proses pengurangan data pengamatan GPS antara titik pantau dengan stasiun referensi pada waktu bersamaan. Diharapkan dengan strategi ini, kesalahan dan bias dari data dapat dieliminasi dan direduksi. Secara otomatis, ketika kesalahan dan bias dapat tereduksi dengan baik dan benar maka didapatkan ketelitian posisi yang memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih baik.

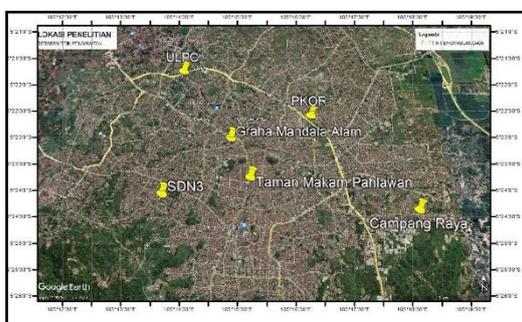
Ketelitian posisi yang diberikan oleh teknologi GPS kinematik adalah sekitar 1

sampai dengan 5 cm, dengan asumsi bahwa *ambiguitas fase* dapat ditentukan secara benar[1]. Dua perangkat GPS digunakan dalam metode kinematik. *Rover* posisinya bisa berubah ubah sesuai dengan yang diinginkan, perangkat pertama bertindak sebagai stasiun *base*, berfungsi sebagai penyedia koreksi dan memiliki posisi tetap (yaitu tidak bergerak).

Dari masalah tersebut peneliti mencoba untuk menerapkan metode perekaman kinematik dengan prinsip mengeliminasi hasil – hasil perekaman *outlier* dari beberapa lama waktu perekaman dan menyeleksi hasil perekaman yang baik dengan parameter tertentu sehingga koordinat dan bentuk bulatan yang dihasilkan adalah koordinat serta bulatan yang paling baik.

## 2. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di daerah Kota Bandar Lampung dengan memperhatikan lokasi yang mempunyai visibilitas terhadap langit yang cukup baik. Titik pengamatan berada di Taman Makam Pahlawan Kota Bandar Lampung (titik pengamatan TNMP), Gedung Graha Mandala Alam (titik pengamatan GGMA), serta titik tetap atau stasiun referensi yang akan digunakan sebagai titik ikat berada di Campang Raya (CMPG), Universitas Lampung CORS (ULPC), SDN 03 Segalamider (SDN3) serta PKOR Kota Bandar Lampung (PKOR). Penelitian ini dilakukan pada tanggal 18 Desember 2022.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian Taman Makam Pahlawan dan Graha Mandala Alam

Data yang diperlukan pada penelitian ini ialah data yang didapatkan dengan cara pengamatan langsung di lapangan.

Pengamatan dilakukan menggunakan metode kinematik (*tracking*) yang berlokasi di Taman Makam Pahlawan dan Graha Mandala Alam dengan objek pengamatan berbentuk lingkaran pada bidang datar dengan titik tengah beradius 1,5 m, pengamatan kinematik dilakukan dengan interval 1". Data yang didapatkan dari pengamatan GNSS ialah *RAW* data yang nantinya akan dikonversi menjadi data *RINEX* dan disimpan dalam *folder rinex*.

Program *TRACK* ini membutuhkan *file* pengamatan dan juga *file* pendukung, serta butuh *file command prompt* untuk input data proses, jika telah dipersiapkan seluruh data dan *file* input, program *TRACK* dapat dijalankan dengan perintah :

```
TRACK -f <file command> -d <day of year>
```

Dalam pengolahan *TRACK* di penelitian ini dilakukan *running* program sebanyak 2 kali, masing-masing proses dilakukan dengan maksud dan tujuan serta proses tertentu yang akan dijelaskan dibawah ini:

### 1. Running 1

Pada *Running* pertama pada program *TRACK* membutuhkan input *approx position xyz* dari setiap tipe stasiun yang ditetapkan (*Fix* dan kinematik), dan juga pada input *site\_stats* diberikan nilai *konstrain* yang tinggi agar titik stasiun terutama pada titik ber-tipe Kinematik dapat melakukan penyesuaian posisi (*adjustment position*).

### 2. Running 2

Pada *running* ke 2 berguna untuk mendapatkan koordinat *final* dari titik pengamatan, untuk itu, pada input *site\_stats* akan diberikan nilai *konstrain* realistik (1) pada koordinat x y dan z.

Dalam penelitian ini ada beberapa skema pengolahan data yang dilakukan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Skema tersebut dibuat untuk melihat pengaruh jumlah titik ikat yang digunakan. Skema tersebut dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini.

1. Skema pertama yaitu dengan menggunakan 1 titik ikat di titik koordinat TNMP menggunakan titik ikat PKOR. Titik pengamatan TNMP

- berlokasi di Taman Makam Pahlawan Kota Bandar Lampung sedangkan titik ikat PKOR kependekan dari Pusat Kegiatan Olah Raga adalah titik yang berlokasi di Way Halim, Kota Bandar Lampung.
2. Skema kedua yaitu dengan menggunakan 2 titik ikat di titik koordinat TNMP menggunakan titik ikat PKOR dan titik ikat CMPG. Titik pengamatan TNMP berlokasi di Taman Makam Pahlawan Kota Bandar Lampung, titik ikat PKOR kependekan dari Pusat Kegiatan Olah Raga adalah titik yang berlokasi di Way Halim, Kota Bandar Lampung, dan titik ikat CMPG yang berlokasi di Campang Raya, Kecamatan Sukabumi.
  3. Skema ketiga yaitu dengan menggunakan 3 titik ikat di titik koordinat TNMP menggunakan titik ikat PKOR, titik ikat CMPG, dan titik ikat SDN3. Titik pengamatan TNMP berlokasi di Taman Makam Pahlawan Kota Bandar Lampung, titik ikat PKOR kependekan dari Pusat Kegiatan Olah Raga adalah titik yang berlokasi di Way Halim, Kota Bandar Lampung, dan titik ikat CMPG yang berlokasi di Campang Raya, Kecamatan Sukabumi, titik ikat SDN3 adalah titik ikat yang berlokasi di SDN 03 Segalamider, Kecamatan Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung.
  4. Skema keempat yaitu dengan menggunakan 4 titik ikat di titik koordinat TNMP menggunakan titik ikat PKOR, titik ikat CMPG, titik ikat SDN3, dan titik ikat ULPC. Titik pengamatan TNMP berlokasi di Taman Makam Pahlawan Kota Bandar Lampung, titik ikat PKOR kependekan dari Pusat Kegiatan Olah Raga adalah titik yang berlokasi di Way Halim, Kota Bandar Lampung, dan titik ikat CMPG yang berlokasi di Campang Raya, Kecamatan Sukabumi. titik ikat SDN3 adalah titik ikat yang berlokasi di SDN 03 Segalamider, Kecamatan Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung, dan titik ikat ULPC kependekan dari Universitas Lampung CORS adalah titik ikat yang berlokasi di Universitas Lampung.
  5. Skema kelima yaitu dengan menggunakan 1 titik ikat di titik koordinat GGMA menggunakan titik ikat PKOR. Titik pengamatan GGMA berlokasi di Graha Mandala Alam, Kedaton, Kota Bandar Lampung sedangkan titik ikat PKOR kependekan dari Pusat Kegiatan Olah Raga adalah titik yang berlokasi di Way Halim, Kota Bandar Lampung.
  6. Skema keenam yaitu dengan menggunakan 2 titik ikat di titik koordinat GGMA menggunakan titik ikat PKOR dan titik ikat CMPG. Titik pengamatan GGMA berlokasi di Graha Mandala Alam, Kedaton, Kota Bandar Lampung, titik ikat PKOR kependekan dari Pusat Kegiatan Olah Raga adalah titik yang berlokasi di Way Halim, Kota Bandar Lampung, dan titik ikat CMPG yang berlokasi di Campang Raya, Kecamatan Sukabumi.
  7. Skema ketujuh yaitu dengan menggunakan 3 titik ikat di titik koordinat GGMA menggunakan titik ikat PKOR, titik ikat CMPG, dan titik ikat SDN3. Titik pengamatan GGMA berlokasi di Graha Mandala Alam, Kedaton, Kota Bandar Lampung, titik ikat PKOR kependekan dari Pusat Kegiatan Olah Raga adalah titik yang berlokasi di Way Halim, Kota Bandar Lampung, dan titik ikat CMPG yang berlokasi di Campang Raya, Kecamatan Sukabumi, titik ikat SDN3 adalah titik ikat yang berlokasi di SDN 03 Segalamider, Kecamatan Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung.
  8. Skema kedelapan yaitu dengan menggunakan 4 titik ikat di titik koordinat GGMA menggunakan titik ikat PKOR, titik ikat CMPG, titik ikat SDN3, dan titik ikat ULPC. Titik pengamatan GGMA berlokasi di Graha Mandala Alam, Kedaton, Kota Bandar Lampung, titik ikat PKOR kependekan dari Pusat Kegiatan Olah Raga adalah titik yang berlokasi di Way Halim, Kota Bandar Lampung, dan titik ikat CMPG yang berlokasi di Campang Raya, Kecamatan Sukabumi. titik ikat SDN3 adalah titik ikat yang berlokasi di SDN 03 Segalamider, Kecamatan Tanjung

Karang Barat, Kota Bandar Lampung, dan titik ikat ULPC kependekan dari Universitas Lampung CORS adalah titik ikat yang berlokasi di Universitas Lampung.

Penelitian ini dimaksudkan untuk menghitung ketelitian Geometri yang dihasilkan dari metode kinematik GNSS. Ketelitian geometri merupakan nilai yang menggambarkan ketidakpastian koordinat atau posisi suatu objek pada peta dibandingkan dengan koordinat posisi objek yang dianggap sebenarnya.

Standar Pengujian ketelitian posisi mengacu pada perbedaan koordinat antara titik uji hasil ukuran yang dibandingkan dengan kondisi sebenarnya. RMSE digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan secara acak dan tersistematik. Persamaan RMSE dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{ii})^2}{n}} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana RMSE = *Root Mean Square Error*,  $y_i$  = nilai hasil pengukuran,  $y_{ii}$  = nilai estimasi yang dianggap benar,  $n$  = jumlah data, [3].

Dari rumus diatas didapatkan persamaan turunan yang didapatkan dari penelitian ini pada persamaan 2.

$$RMSE = \sqrt{\frac{(r-1,5)^2}{n}} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana  $r$  = nilai jari-jari lingkaran hasil pengamatan,  $1,5$  = nilai jari-jari lingkaran yang dianggap benar,  $n$  = jumlah data pengamatan [2].

Untuk mendapatkan nilai jarak pada penelitian ini didapatkan persamaan 3.

$$\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana  $x_1$  = nilai koordinat  $x$  pengamatan lingkaran,  $y_1$  = nilai koordinat  $y$  pengamatan lingkaran,  $x_2$  = nilai koordinat  $x$  titik tengah,  $y_2$  = nilai koordinat  $y$  titik tengah.

### 3. Hasil dan Pembahasan

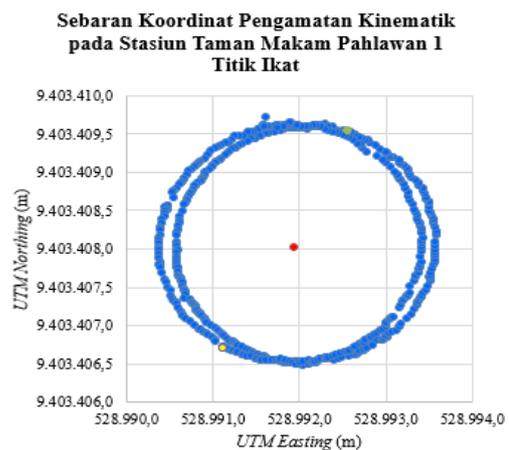
Hasil pengamatan GNSS menggunakan metode kinematik berbentuk lingkaran yang diikatkan pada 4 buah *base* lokal serta mengamati variasi titik terjauh dan terdekat yang menghasilkan data berupa koordinat UTM (X,Y). Nilai koordinat didapatkan menggunakan *Software GAMIT* pada program *TRACK* dan diplot menggunakan *scatter plot* yang ada di *Microsoft Excel* dengan tujuan melihat hasil koordinat dari *GAMIT*. Adapun macam-macam hasil pengamatan seperti dibawah ini:

#### A. Titik pengamatan TNMP

Pengamatan ini dilakukan di lokasi Taman Makam Pahlawan dengan mengikat kepada 4 buah stasiun *base* lokal yang menghasilkan data berupa koordinat UTM.

##### 1. 1 Titik Ikat

Pengamatan ini dilakukan di Taman Makam Pahlawan dengan titik pengamatan TNMP serta 1 titik ikat *base* PKOR. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada gambar dibawah ini.



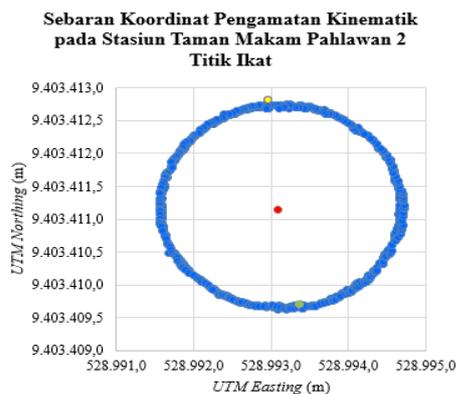
**Gambar 2.** Hasil *plotting* koordinat TNMP dengan 1 titik ikat

Pada penggunaan 1 titik ikat untuk stasiun Taman Makam Pahlawan (TNMP), dapat dilihat bahwa nilai radius lingkaran yang seharusnya bernilai 1,5 m terdapat selisih nilai pergeseran pada hasil pengamatan tersebut, banyak memiliki pergeseran dan memiliki nilai *error*. selisih pergeseran dari radius yang

sebenarnya memiliki kesalahan titik terdekat 14,4 cm dan terjauh 23,8 cm.

## 2. 2 Titik Ikat

Pengamatan ini dilakukan di Taman Makam Pahlawan dengan titik pengamatan TNMP serta 2 titik ikat *base* yaitu PKOR dan CMPG. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada gambar dibawah ini.

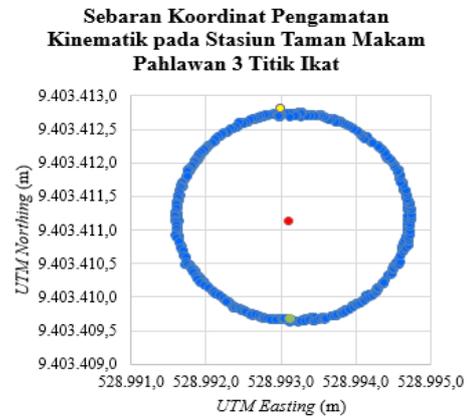


**Gambar 3.** Hasil *plotting* koordinat TNMP dengan 2 titik ikat

Pada penggunaan 2 titik ikat untuk stasiun Taman Makam Pahlawan (TNMP), dapat dilihat bahwa nilai radius lingkaran yang seharusnya bernilai 1,5 m terdapat selisih nilai pergeseran pada hasil pengamatan tersebut, banyak memiliki pergeseran dan memiliki nilai *error*. selisih pergeseran dari radius yang sebenarnya memiliki kesalahan titik terdekat 5 cm dan terjauh 18,1 cm.

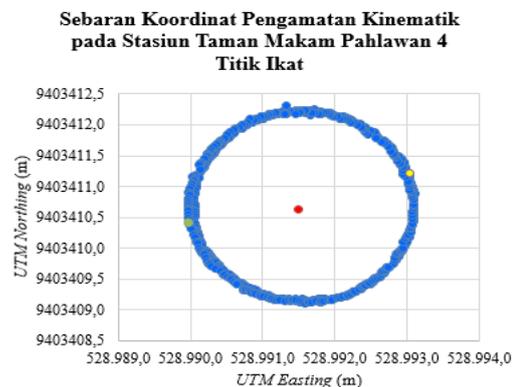
## 3. 3 Titik Ikat

Pengamatan ini dilakukan di Taman Makam Pahlawan dengan titik pengamatan TNMP serta 3 titik ikat *base* yaitu PKOR, CMPG, dan SDN3. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.** Hasil *plotting* koordinat TNMP dengan 3 titik ikat

Pada penggunaan 3 titik ikat untuk stasiun Taman Makam Pahlawan (TNMP), dapat dilihat bahwa nilai radius lingkaran yang seharusnya bernilai 1,5 m terdapat selisih nilai



pergeseran pada hasil pengamatan tersebut, banyak memiliki pergeseran dan memiliki nilai *error*. selisih pergeseran dari radius yang sebenarnya memiliki kesalahan titik terdekat 5,1 cm dan terjauh 18,6 cm.

## 4. 4 Titik Ikat

Pengamatan ini dilakukan di Taman Makam Pahlawan dengan titik pengamatan TNMP serta 4 titik ikat *base* yaitu PKOR, CMPG,

SDN3, dan ULPC. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada gambar dibawah ini

**Gambar 5.** Hasil *plotting* koordinat TNMP dengan 4 titik ikat

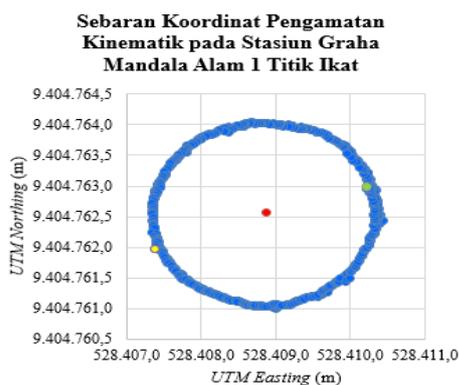
Pada penggunaan 4 titik ikat untuk stasiun Taman Makam Pahlawan (TNMP), dapat dilihat bahwa nilai radius lingkaran yang seharusnya bernilai 1,5 m terdapat selisih nilai pergeseran pada hasil pengamatan tersebut, banyak memiliki pergeseran dan memiliki nilai *error*. selisih pergeseran dari radius yang sebenarnya memiliki kesalahan titik terdekat 7,3 cm dan terjauh 19 cm.

### B. Titik pengamatan GGMA

Pengamatan ini dilakukan di lokasi Graha Mandala Alam dengan mengikat kepada 4 buah stasiun *base* lokal yang menghasilkan data berupa koordinat UTM.

#### 1. 1 Titik Ikat

Pengamatan ini dilakukan di Graha Mandala Alam dengan titik pengamatan GGMA serta 1 titik ikat *base* PKOR. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada gambar dibawah ini.

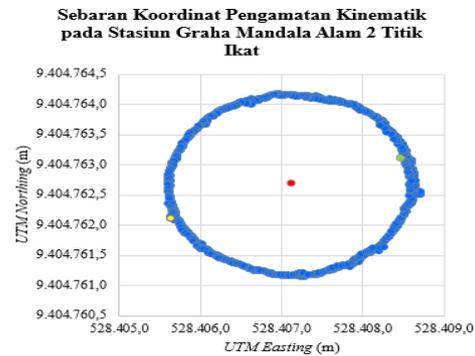


**Gambar 6.** Hasil *plotting* koordinat GGMA dengan 1 titik ikat

Pada penggunaan 1 titik ikat untuk stasiun Gedung Graha Mandala Alam (GGMA), dapat dilihat bahwa nilai radius lingkaran yang seharusnya bernilai 1,5 m terdapat selisih nilai pergeseran pada hasil pengamatan tersebut, banyak memiliki pergeseran dan memiliki nilai *error*. selisih pergeseran dari radius yang sebenarnya memiliki kesalahan titik terdekat 10,5 cm dan terjauh 11,1 cm.

#### 2. 2 Titik Ikat

Pengamatan ini dilakukan di Graha Mandala Alam dengan titik pengamatan GGMA serta 2 titik ikat *base* yaitu PKOR dan CMPG. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada gambar dibawah ini.

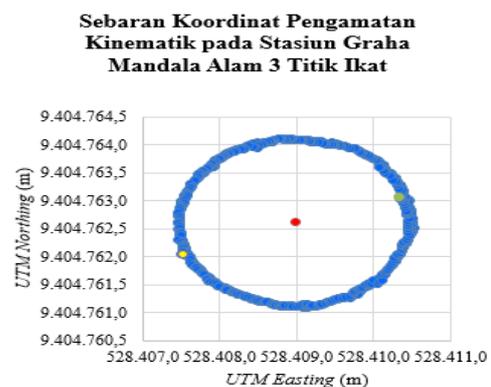


**Gambar 7.** Hasil *plotting* koordinat GGMA dengan 2 titik ikat

Pada penggunaan 2 titik ikat untuk stasiun Gedung Graha Mandala Alam (GGMA), dapat dilihat bahwa nilai radius lingkaran yang seharusnya bernilai 1,5 m terdapat selisih nilai pergeseran pada hasil pengamatan tersebut, banyak memiliki pergeseran dan memiliki nilai *error*. selisih pergeseran dari radius yang sebenarnya memiliki kesalahan titik terdekat 9,5 cm dan terjauh 10,1 cm

#### 3. 3 Titik Ikat

Pengamatan ini dilakukan di Graha Mandala Alam dengan titik pengamatan GGMA serta 3 titik ikat *base* yaitu PKOR, CMPG, dan SDN3. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada gambar dibawah ini.

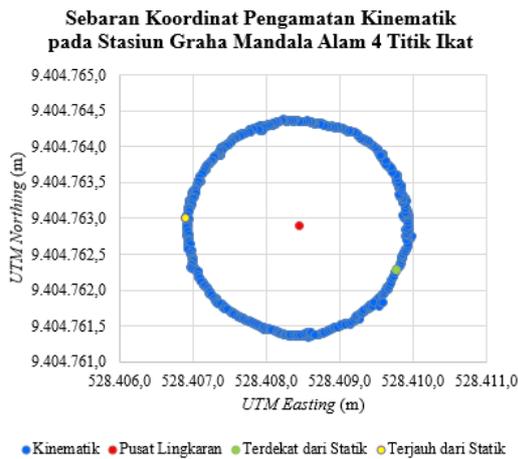


**Gambar 8.** Hasil *plotting* koordinat GGMA dengan 3 titik ikat

Pada penggunaan 3 titik ikat untuk stasiun Gedung Graha Mandala Alam (GGMA), dapat dilihat bahwa nilai radius lingkaran yang seharusnya bernilai 1,5 m terdapat selisih nilai pergeseran pada hasil pengamatan tersebut, banyak memiliki pergeseran dan memiliki nilai *error*. selisih pergeseran dari radius yang sebenarnya memiliki kesalahan titik terdekat 8,8 cm dan terjauh 9,6 cm.

4. 4 Titik Ikat

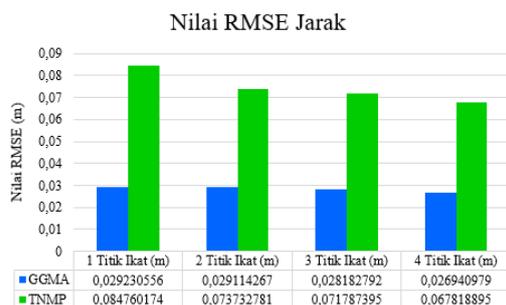
Pengamatan ini dilakukan di Graha Mandala Alam dengan titik pengamatan GGMA serta 4



titik ikat *base* yaitu PKOR, CMPG, SDN3, dan ULPC. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada gambar dibawah ini.

**Gambar 9.** Hasil *plotting* koordinat GGMA dengan 4 titik ikat

Pada penggunaan 3 titik ikat untuk stasiun Gedung Graha Mandala Alam (GGMA), dapat dilihat bahwa nilai radius lingkaran yang seharusnya bernilai 1,5 m terdapat selisih nilai pergeseran pada hasil pengamatan tersebut, banyak memiliki pergeseran dan



memiliki nilai *error*. selisih pergeseran dari radius yang sebenarnya memiliki kesalahan titik terdekat 8,4 cm dan terjauh 8,6 cm.

**Gambar 10.** Grafik nilai RMSE radius pusat lingkaran dengan titik pengamatan kinematik

Dari gambar diatas diketahui bahwa semakin banyak jumlah titik ikat yang digunakan pada pengamatan GPS metode kinematik menggunakan *short baseline*, maka nilai RMSE yang didapatkan semakin kecil. Adapun hasil dari perhitungan RMSE yang dihasilkan berada pada fraksi sentimeter (cm), dimana nilai RMSE yang paling besar berada pada stasiun pengamatan Taman Makam Pahlawan (TNMP) yang menggunakan 1 titik ikat dengan nilai RMSE sebesar 8,47 cm, dan nilai RMSE paling kecil berada pada penggunaan 4 titik ikat stasiun pengamatan Gedung Graha Mandala Alam (GGMA) yaitu sebesar 2,69 cm.

**4. Kesimpulan**

Dari hasil analisa pengaruh jumlah titik ikat hasil pengolahan data pengamatan GNSS metode kinematik *Short baseline* menggunakan perangkat lunak *GAMIT TRACK*, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin banyak titik ikat yang digunakan pada penelitian ini, maka nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) yang dihasilkan semakin kecil, hal ini menunjukkan bahwa jumlah titik yang digunakan dapat mempengaruhi nilai RMSE/ ketelitian yang dihasilkan.
2. Nilai ketelitian yang dihasilkan pada penelitian ini berada pada orde sentimeter (cm). Hal tersebut dapat dilihat dari nilai RMSE, yaitu nilai terbesar adalah 8,476 cm pada penggunaan 1 titik ikat stasiun pengamatan di TNMP dan yang terkecil adalah 2,694 cm pada penggunaan 4 titik ikat di pengamatan stasiun GGMA.

**5. Daftar Pustaka**

1. Abidin, H. Z. 2021. *Penentuan Posisi*

- Dengan GPS dan Aplikasinya. ITB-Press.*
2. Purnama, F.A., Fajriyanto, dan Rahmadi, E. 2022. *Studi Ketelitian Hasil Pengolahan Data Pengamatan GNSS Metode Kinematik Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT TRACK. Datum.*
  3. Romadhon, R. 2018. *Analisis Ketelitian Hasil Pengamatan Gns Berdasarkan Metode Dan Lama Pengukuran Ground Control Point ( Studi Kasus : Kota Surabaya ). Institut Teknologi Sepuluh Desember.*