

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

(SKRIPSI)

Oleh

**ASHSIDIQIE RAJNA
1755013005**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

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

Oleh

ASHSIDIQIE RAJNA

(Skripsi)

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Program Studi Teknik Geodesi
Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGARUH JUMLAH TITIK IKAT TERHADAP KETELITIAN POSISI TITIK PENGAMATAN GPS KINEMATIK

Oleh

ASHSIDIQIE RAJNA

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

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF THE NUMBER OF TIE POINTS ON THE ACCURACY OF POSITION OF KINEMATIC GPS OBSERVATION POINTS

By

ASHSIDIQIE RAJNA

The data processing strategy applied to kinematic GPS observations is to carry out the process of reducing GPS observation data between monitoring points and reference stations at the same time. It is hoped that with this strategy, errors and bias from the data can be eliminated and reduced. In addition, by utilizing a number of monitoring stations, it is possible to determine the parameters of various refractive errors (such as orbit, ionosphere, and troposphere) which can then be used to improve the accuracy of point placement. This research aimed to analyze the level of accuracy of the position of an observation object. The data used is short baseline kinematic observation data recorded using a circular track with a recording interval of 1 second, apart from that, static observations are also used as tie points with a baseline length of <10 km. Kinematic data processing is carried out using GAMIT TRACK. The analysis used for the results obtained is the RMSE (Root Mean Square Error) method, this is used to see the accuracy of the resulting distance based on the number of tie points used. From this research, the results obtained are that the more tie points used, the smaller the RMSE (Root Mean Square Error) value produced, this shows that the number of points used can influence the resulting accuracy. The accuracy values produced in this study are on the order of centimeters (cm). This can be seen from the RMSE value, namely the largest is 8,476 cm when using 1 tie point at the TNMP observation station and the smallest is 2,694 cm when using 4 tie points at the GGMA observation station.

Keywords: kinematics, RMSE, short baseline, GAMIT TRACK

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : PENGARUH JUMLAH TITIK IKAT TERHADAP
KETELITIAN POSISI TITIK PENGAMATAN
GPS KINEMATIK

Nama Mahasiswa : *Ahsidiqie Rajna*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1755013005

Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Fajriyanto
Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.
NIP 197203022006041002

Eko Rahmadi
Eko Rahmadi, S.T., M.T.
NIP 197102102005011002

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

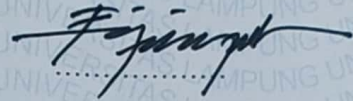
Ir. Fauzan Murdapa
Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.
NIP 196410121992031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji


Ketua

: Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.



Sekretaris

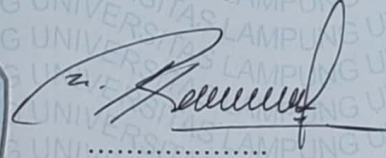
: Eko Rahmadi, S.T., M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Romi Fadly, S.T., M.Eng.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. ↓
NIP 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 17 Januari 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Sebagai civitas akademika Universitas Lampung saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ashsidiqie Rajna
NPM : 1755013005
Judul Skripsi : Pengaruh Jumlah Titik Ikat Terhadap Ketelitian Posisi Titik Pengamatan GPS Kinematik
Program Studi : Teknik Geodesi
Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini gagasan, perencanaan, dan pelaksanaan penelitian/ implementasi dari diri saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dari pembimbing akademik.
2. Dalam karya tulis ini terdapat karya atau pandangan yang telah diterbitkan atau dipublikasikan oleh orang lain, dengan mengacu pada pengarangnya dan mencantumkannya dalam daftar pustaka.
3. Saya memberikan hak kepemilikan atas karya tulis ini kepada Universitas Lampung, dan oleh karena itu, Universitas Lampung memiliki hak untuk mengelola karya tulis ini sesuai dengan aturan hukum dan etika yang berlaku.

4. Pernyataan ini saya buat sebaik mungkin, dan jika nantinya ditemukan ketidaksesuaian atau kesalahan dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh berdasarkan karya tulis ini, serta sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Lampung.

Bandar Lampung, Januari 2024



Ahsidiqie Rajna
NPM. 1755013005

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama ASHSIDIQIE RAJNA yang lahir di Palopo pada 26 Maret 1999, Penulis lahir dari pasangan Bapak Abdul Rajab dan Ibu Meilina Jaya dan merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Jenjang Pendidikan penulis dimulai dengan menyelesaikan Pendidikan di SD Negeri 1 Rejosari . Penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Kotabumi pada tahun 2011-2014 dan Lulus dari SMA Negeri 3 Kotabumi pada tahun 2017. Kemudian pada tahun 2017 penulis diterima menjadi mahasiswa S1 Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN .

Pada bulan Januari- Februari 2020, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di LAPAN dengan judul laporan “Koreksi Atmosferik Data Citra Landsat 8 Di Wilayah Kabupaten Karawang” dan penulis melakukan penelitian skripsi di Kota Bandar Lampung dengan judul “Pengaruh Jumlah Titik Ikat Terhadap Ketelitian Posisi Titik Pengamatan GPS Kinematik” pada tahun 2023 dengan bimbingan Bapak Dr. Fajriyanto, S.T, M.T. dan Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T.

PERSEMBAHAN

Puji syukur kupanjatkan kepada Allah SWT Tuhan semesta alam, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan penuh perjuangan dan pengorbanan, kupersembahkan karya ini dengan bangga kepada:

Kepada Bapak, Ibu, Kakak dan Adikku yang selalu mendoakan dan mendukung kesuksesan dan keberhasilanku, yang selama ini telah memberikan yang terbaik untukku dan pengorbanan hidup yang tak bisa ku balas dengan apapun.

Kepada diriku sendiri yang selalu percaya akan usaha dan kemampuanku, yang selalu kuat dalam segala kondisi baik senang, sedih maupun kecewa.

Kepada kawan – kawan S1 Teknik Geodesi, D3 Survey Pemetaan, adik tingkat, maupun kakak tingkat yang selalu memberikan dukungan serta bantuannya kepada saya.

MOTTO

“Fortis Fortuna Adiuvat”

(Keberuntungan berpihak pada mereka yang berani)

Jhon Wick

“Virtus Proven Per Actum”

(Keberanian dibuktikan lewat tindakan)

Julius Caesar

“Disce Quasi Semper Victurus Vive Quasi Cras Moriturus”

(Belajarlah seolah-olah anda akan hidup selamanya, Hiduplah seolah-olah anda akan mati besok)

Peaky Blinders

SANWACANA

Puji syukur *Alhamdulillah* penulis ucapkan kepada Allah SWT karena limpahan rahmat, karunia dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Jumlah Titik Ikat Terhadap Ketelitian Posisi Titik Pengamatan GPS Kinematik” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih yang mendalam atas semua bantuan, bimbingan, dan dukungan yang telah diberikan oleh berbagai pihak yang turut serta membantu menyelesaikan penelitian skripsi ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., yang menjabat sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM, yang menjabat sebagai Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan dengan penuh dedikasi dan kesabaran, serta memberikan motivasi, kritik, dan saran yang berarti dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing II yang telah membantu dan merekomendasi penelitian, saran, kritik, bimbingan dan arahan yang berkaitan dengan penelitian skripsi ini.
5. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng, sebagai Dosen Penguji, yang telah memberikan kritik, masukan serta saran yang sangat berharga dalam proses penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika yang telah memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga selama menuntut ilmu di Gedung Teknik Geodesi.

7. Terkhusus untuk kedua orang tuaku, Bapak Abdul Rajab dan Ibu Meilina Jaya dan, tidak lupa seluruh keluarga besar yang telah memberikan semangat, dukungan, motivasi dan kasih sayang yang tulus serta doa yang tiada henti.
8. Teman-teman yang telah membantu pengukuran lapangan, Nicolas Akbar, S.T., Fari Jambi, Angga, Aji Suoh, Thomas Is Boy, Rasta atas bantuannya dalam mencari solusi ketika *Human Error* dan suka duka dalam pengukuran lapangan.
9. Teman-teman seperjuangan S1 Teknik Geodesi dan Geomatika 2017 (Thomas, Angel, Rasta, Angel, Sekar, Iqbal Adi, Mia, Okta, Ngesti, Angga, Gio, Erin, Micco, Indah, Nicolas, Natayya, Ananda, Intan, Ikhbal Yesa, Hidayatus, Gandy, Ilyas, Dewi, Malinda, Fari, Aqila, Ane, Deni, Aji). Terima kasih atas saran, kritik dan motivasi yang kalian berikan selama masa-masa kuliah ini. Senang bisa berjuang bersama kalian, semoga kalian semua sukses.
10. Teman-teman Alumni Korona Indonesia yang telah menemani serta memberikan dukungan dan semangat.
11. Keluarga Besar D3 Teknik Survei Pemetaan angkatan 2017 yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dan menyemangati selama proses perkuliahan.
12. Keluarga besar Griya 77 yang secara tidak langsung memberikan semangat dan dukungan dalam melakukan pengambilan dan pengolahan data.
13. Teman-teman dari grup Kusut-Kusut 17 yang memberikan hiburan, dukungan, dan semangat dalam proses pengolahan data.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan bantuan, dukungan, kontribusi dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal ibadah dan diterima Allah SWT. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, Januari 2024

Penulis

Ashsidiqie Rajna

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
I. PENDAHULUAN.....	1
1 .1. Latar Belakang.....	1
1 .2. Rumusan Masalah	2
1 .3. Tujuan penelitian.....	3
1 .4. Manfaat Penelitian.....	3
1 .5. Ruang Lingkup Penelitian	3
1 .6. Hipotesis.....	4
II. LANDASAN TEORI.....	5
2 .1. GPS (<i>Global Positioning System</i>)	5
2 .2. IGS (<i>International GNSS Service</i>).....	6
2 .3. Metode Penentuan Posisi Statik	7
2 .4. Metode Penentuan Posisi Kinematik.....	8
2 .5. <i>Baseline</i>	9
2 .6. TEQC (<i>Translation, Editing, Quality Check</i>).....	10
2 .7. GAMIT/ GLOBK	11
2 .8. GAMIT TRACK	12
2 .9. RMSE (<i>Root Mean Square Error</i>)	13
2 .10. Penelitian Terdahulu.....	15
III. METODE PELAKSANAAN.....	18
3 .1. Lokasi	18
3 .2. Alat dan Bahan	19
3.2.1. Alat.....	19
3.2.2. Bahan	20
3 .3. Diagram Alir Penelitian.....	21
3 .4. Metode Pengumpulan Data	22
3.4.1. Studi Literatur	22
3.4.2. Observasi	22
3 .5. Metode Pengolahan Data.....	22
3.5.1. Konversi data ke <i>RINEX</i>	23

3.5.2. Pengecekan data <i>RINEX</i>	24
3.5.3. Instalasi <i>Linux</i> dan <i>GAMIT</i>	25
3.5.4. Pengolahan data pengamatan statik menggunakan <i>GLOBK</i>	25
3.5.5. Pengolahan data kinematik menggunakan <i>GAMIT TRACK</i>	27
3.5.6. Transformasi Koordinat ke <i>UTM</i>	30
3 .6. Metode Analisa Data	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4 .1. Hasil cek kualitas data pengamatan menggunakan <i>TEQC</i>	31
4 .2. Hasil pengolahan data statik menggunakan <i>GAMIT/ GLOBK</i>	32
4 .3. Hasil pengolahan data kinematik menggunakan <i>GAMIT TRACK</i>	32
4 .4. Hasil Analisa <i>RMSE (Root Mean Square Error)</i>	38
V. PENUTUP	38
5 .1. Simpulan	45
5 .2. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian terdahulu.....	15
2. Hasil <i>multipath</i> data pengamatan statik	31
3. Hasil <i>multipath</i> pengamatan kinematik.....	31
4. Koordinat kartesian hasil GLOBK.....	32
5. Contoh hasil pengolahan GAMIT TRACK	33
6. Contoh hasil pengolahan GAMIT/ GLOBK.....	52
7. Contoh hasil pengolahan GAMIT TRACK	54
8. Hasil perhitungan RMSE stasiun GGMA menggunakan 1 titik ikat	61
9. Hasil perhitungan RMSE stasiun GGMA menggunakan 2 titik ikat	62
10. Hasil perhitungan RMSE stasiun GGMA menggunakan 3 titik ikat	63
11. Hasil perhitungan RMSE stasiun GGMA menggunakan 4 titik ikat	64
12. Hasil perhitungan RMSE stasiun TNMP menggunakan 1 titik ikat	65
13. Hasil perhitungan RMSE stasiun TNMP menggunakan 2 titik ikat	66
14. Hasil perhitungan RMSE stasiun TNMP menggunakan 3 titik ikat	67
15. Hasil perhitungan RMSE stasiun TNMP menggunakan 4 titik ikat	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Segmen pada sistem GPS.....	6
2. Penentuan posisi kinematik.....	9
3. Lokasi Penelitian.....	19
4. Diagram alir penelitian.....	21
5. Proses konversi data <i>raw</i> ke data RINEX.....	23
6. Hasil pengecekan nilai <i>multipath</i> menggunakan TEQC.....	24
7. <i>Operating System Linux Mint</i>	25
8. <i>Plotting</i> koordinat pengamatan kinematik GGMA menggunakan 1 titik ikat .	34
9. <i>Plotting</i> koordinat pengamatan kinematik GGMA menggunakan 2 titik ikat .	34
10. <i>Plotting</i> koordinat pengamatan kinematik GGMA menggunakan 3 titik ikat	35
11. <i>Plotting</i> koordinat pengamatan kinematik GGMA menggunakan 4 titik ikat	35
12. <i>Plotting</i> koordinat pengamatan kinematik TNMP menggunakan 1 titik ikat.....	36
13. <i>Plotting</i> koordinat pengamatan kinematik TNMP menggunakan 2 titik ikat	36
14. <i>Plotting</i> koordinat pengamatan kinematik TNMP menggunakan 3 titik ikat	37
15. <i>Plotting</i> koordinat pengamatan kinematik TNMP menggunakan 4 titik ikat	37
16. Nilai RMSE jarak.....	38
17. <i>Plot</i> pengamatan GPS pada stasun GGMA menggunakan 1 titik ikat.....	39
18. <i>Plotting</i> pengamatan GPS pada stasiun GGMA menggunakan 2 titik ikat ...	40
19. <i>Plotting</i> pengamatan GPS pada stasiun GGMA menggunakan 3 titik ikat ...	40
20. <i>Plotting</i> pengamatan GPS pada stasiun GGMA menggunakan 4 titik ikat ...	41
21. <i>Plotting</i> pengamatan GPS pada stasiun TnMP menggunakan 1 titik ikat	42
22. <i>Plotting</i> pengamatan GPS pada stasiun pengamatan TNMP dengan 2 titik ikat.....	43
23. <i>Plotting</i> pengamatan GPS pada stasiun TNMP menggunakan 3 titik ikat.....	43
24. <i>Plotting</i> pengamatan GPS pada stasiun TNMP menggunakan 4 titik ikat.....	44
25. Surat izin penelitian.....	70
26. (a) Stasiun pengamatan TNMP, (b) stasiun pengamatan GGMA, (c) stasiun pengamatan SDN3, (d) stasiun pengamatan CM PG	71
27. (a) Stasiun Pengamatan PKOR, (b) stasiun pengamatan ULPC.....	72
28. <i>Receiver</i> GPS	72
29. Pengamatan kinematik	73
30. Pengukuran panjang radius	73
31. Formulir pengamatan GPS stasiun GGMA.....	75
32. Formulir pengamatan GPS stasiun SDN3.....	76

33. Formulir pengamatan GPS stasiun TNMP.....	77
34. Formulir pengamatan GPS stasiun PKOR	78

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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. 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 (Abidin dkk., 2016). 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.

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 (Abidin, 2021). 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).

Menggunakan lebih dari satu stasiun monitor atau titik tetap selama pemosisian GPS sangat populer. Secara teoritis, mengaktifkan banyak stasiun monitor sekaligus akan lebih baik daripada hanya memiliki satu stasiun monitor. Jumlah *baseline* yang diamati akan meningkat dengan penggunaan banyak stasiun pemantauan secara bersamaan. Masuk akal untuk mengantisipasi bahwa posisi tersebut akan menjadi lebih akurat dan dapat diandalkan sebagai hasilnya. 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. Berdasarkan uraian diatas peneliti tertarik untuk meneliti tentang pengaruh jumlah titik ikat yang digunakan terhadap ketelitian posisi titik pengamatan GPS metode kinematik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh jumlah titik ikat yang digunakan dalam pengamatan metode kinematik ?.
2. Bagaimana tingkat ketelitian yang dihasilkan dari jumlah titik ikat yang digunakan pada pengamatan kinematik ?.

1.3. Tujuan penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh masing - masing jumlah titik ikat yang digunakan dalam pengamatan kinematik.
2. Mengetahui tingkat akurasi masing - masing jumlah titik ikat pada pengamatan kinematik.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi tentang metode kinematik yang dapat menjadi alternatif pada kegiatan pengamatan GPS serta dapat menjadi salah satu literasi untuk penelitian yang akan datang.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pembahasan dan masalah yang akan dianalisis pada penelitian ini dibatasi dengan :

1. Jumlah titik ikat yang digunakan dalam penelitian ini ialah 4 buah.
2. Jumlah titik pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini ialah 2 buah.
3. Perekaman data menggunakan metode kinematik dan metode statik.
4. Pengecekan kualitas data dan pemotongan data *rinex* menggunakan program *teqc.exe*.
5. Titik pengamatan berbentuk lingkaran dengan diameter 3 meter.
6. Interval perekaman data dilakukan per 1 detik selama 2 kali putaran.
7. *Baseline* yang digunakan adalah *short baseline* dengan panjang kurang dari 10 km
8. Pengolahan data menggunakan *software* ilmiah GAMIT TRACK.

1.6. Hipotesis

Berdasarkan latar belakang, literatur dan penelitian terdahulu diketahui bahwa jumlah titik ikat yang digunakan pada pengamatan GPS (*Global Positioning System*) metode kinematik sangat berpengaruh terhadap hasil ketelitian jarak yang didapatkan. Dengan adanya pengaruh dari jumlah titik ikat yang digunakan, maka dapat diambil hipotesis bahwa ketelitian yang didapatkan akan semakin baik, apabila jumlah titik ikat yang digunakan pada pengamatan GPS metode kinematik semakin banyak.

II. LANDASAN TEORI

2.1. GPS (*Global Positioning System*)

GPS adalah sistem navigasi dan penentuan posisi radio berbasis satelit. "*NAVigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*" adalah nama resminya, atau NAVSTAR GPS. Sistem ini dapat digunakan oleh banyak pengguna dalam berbagai kondisi cuaca dan dimaksudkan untuk terus memberikan informasi posisi dan waktu tiga dimensi yang akurat di seluruh dunia. Departemen Pertahanan Amerika Serikat memberikan persetujuannya terhadap arsitektur atau struktur sistem GPS pada tahun 1973.

Sistem GPS (*Global Positioning System*) memiliki tiga komponen kunci, yaitu :

a. Segmen Angkasa

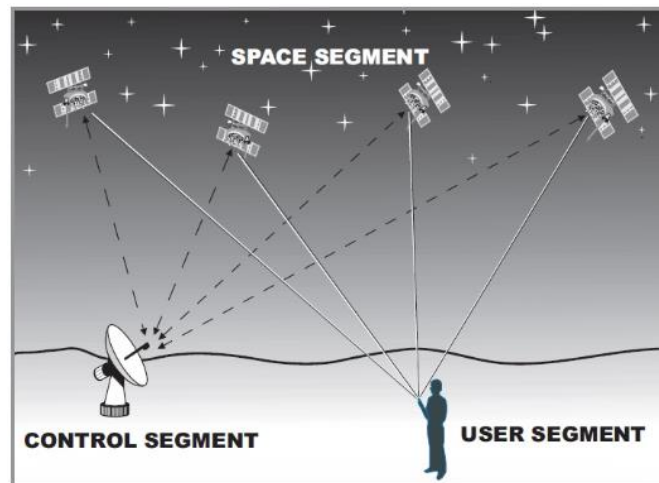
Dalam segmen angkasa terdapat konstelasi satelit-satelit GPS yang mengorbit di luar angkasa dan bertugas untuk mengirim serta menerima sinyal gelombang. Sinyal itu nantinya akan diterima oleh penerima GPS yang terletak di atau dekat permukaan bumi, dan informasi yang diperoleh digunakan untuk menentukan posisi, waktu dan kecepatan (Abidin, 2001; Romadhon, 2018).

b. Segmen Sistem Kontrol

Segmen sistem kontrol berfungsi untuk memantau, mengendalikan, dan memastikan bahwa satelit-satelit GPS beroperasi sesuai dengan yang diharapkan (Suwanta, 2023).

c. Segmen Pengguna

Segmen pengguna mencakup semua pengguna layanan GPS, baik dari kalangan militer ataupun sipil. Dengan bantuan perangkat penerima GPS yang terhubung ke antena GPS, sinyal GPS diterima dan digunakan untuk menghitung posisi dan waktu dengan tingkat akurasi yang tinggi (Sari, 2022).



Gambar 1. Segmen pada sistem GPS
(Sumber : Sari, 2022)

2.2. IGS (*International GNSS Service*)

International GNSS Service adalah organisasi yang bertujuan menghasilkan data dan produk GNSS presisi tinggi yang digunakan untuk kepentingan ilmiah dan komersil. IGS merupakan federasi sukarela dari lebih dari 200 lembaga swadaya, universitas, dan lembaga penelitian dari lebih 100 negara. IGS resmi diluncurkan pada 1 Januari 1994 dan menghasilkan produk yang telah berevolusi dari waktu ke waktu, termasuk penyediaan data GNSS untuk konstelasi selain GPS dan penambahan data dan produk GNSS *real-time*. IGS juga mengembangkan dan merilis standar, pedoman, dan konvensi yang berkaitan dengan pengumpulan dan penggunaan data dan produk GNSS kepada publik (Jeffrey, 2010).

Tujuan utama IGS ialah menyediakan produk GNSS untuk keperluan ilmiah dan teknik yang melibatkan GNSS. Berikut ini beberapa produk IGS :

- a. Orbit dan jam GNSS.
- b. Parameter orientasi bumi dan koordinat stasiun.
- c. Estimasi bias sistematis.
- d. Parameter ionosfer dan troposfer.

Produk-produk tersebut digunakan untuk mendukung keperluan ilmiah seperti realisasi ITRF, memantau deformasi, pasang surut laut, hidrologi, perubahan permukaan laut, perubahan iklim, dan mendukung penentuan posisi untuk industri dan masyarakat (Teunissen dan Montenbruck, 2017).

2.3. Metode Penentuan Posisi Statik

Static Positioning atau penentuan posisi statik merupakan penentuan posisi dimana alat penerima (*Receiver*) dalam keadaan diam (Kahar dan Purworahardjo, 2008). Kegiatan penentuan posisi statik memerlukan dua atau lebih alat penerima (*receiver*), satu *receiver* dipasang di atas titik pengamatan yang sudah diketahui koordinatnya dan *receiver* yang lain dipasang di titik yang koordinatnya dicari (El-Rabbany, 2002). Selama sesi pengamatan statik, diperlukan waktu 30 menit hingga beberapa jam untuk mengumpulkan data dari setidaknya 4 satelit (Sickle, 2008). Penentuan posisi statik dilakukan secara absolut atau diferensial, menggunakan data *pseudorange* dan fase. Adapun ukuran lebih yang didapat dari pengamatan statik lebih baik dari metode kinematik dan orde milimeter sampai sentimeter adalah ketelitian posisi yang didapat dari survei statik. Pada survei statik GPS digunakan moda radial dan moda jaringan untuk mengamati vektor *baseline* (Abidin, 2021).

Penentuan posisi secara statik menghasilkan ukuran lebih yang lebih banyak dari pada penentuan posisi secara kinematik, hal ini menyebabkan ketelitian yang dihasilkan pada pengamatan statik relatif lebih tinggi (mencapai orde mm). Salah satu penerapan penentuan posisi secara statik adalah survei GPS untuk menentukan koordinat dari titik kontrol yang digunakan pada kegiatan

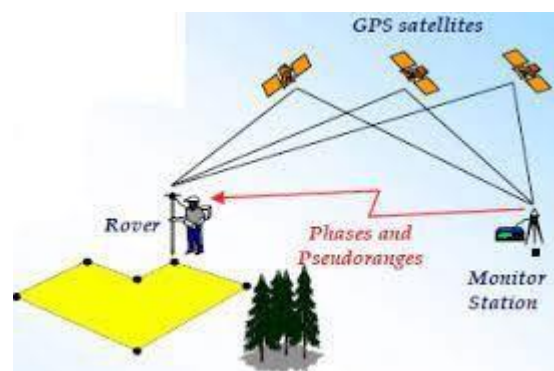
pemetaan, pemantauan deformasi, dan geodinamika (Abidin dkk., 2016). Pada prinsipnya pengamatan satelit GPS pada metode penentuan posisi secara statik dilakukan baseline per paseline selama selang waktu tertentu dalam suatu jaringan dari titik pengamatan yang akan ditentukan posisinya.

2.4. Metode Penentuan Posisi Kinematik

Penentuan posisi secara kinematik (*kinematic positioning*) merupakan penentuan posisi dari titik - titik yang bergerak dan *receiver* GPS tidak dapat atau tidak mempunyai kesempatan untuk berhenti (Abidin, 2021). Data *pseudorange* dan/atau fase dapat digunakan untuk menentukan posisi kinematik secara absolut maupun diferensial. Hasil penentuan posisi dapat diperoleh pada saat pengamatan (*real-time*) ataupun sesudah pengamatan (*post processing*). Tingkat ketelitian atau akurasi dari penentuan posisi kinematik yang dihasilkan oleh GPS dapat bervariasi dari tingkat rendah, yaitu ketika posisi absolut ditentukan dengan menggunakan *pseudorange*, sampai tingkat tinggi ketika posisi diferensial dihitung dengan menggunakan data fase (Ridho dkk., 2022).

Penentuan posisi kinematik diferensial yang memanfaatkan data fase memiliki potensi untuk mencapai akurasi yang sangat tinggi, kisaran sekitar 1 hingga 5 cm, apabila penentuan ambiguitas fase ditentukan dengan benar. Ambiguitas fase harus ditentukan dengan menggunakan data yang terbatas dan saat penerima GPS bergerak untuk mencapai keakuratan tersebut. Mekanisme penentuan ambiguitas fase yang biasa disebut dengan *on-the-fly ambiguity resolution* ini bukanlah suatu hal yang mudah dilaksanakan. Umumnya, data fase dua frekuensi dan *pseudorange*, geometri satelit yang relatif baik, algoritma perhitungan yang relatif andal, dan mekanisme eliminasi kesalahan dan bias yang relatif baik dan tepat harus digunakan untuk menetapkan ambiguitas fase dengan cepat dan akurat. Metode ini dapat digunakan untuk penentuan posisi objek, baik yang bergerak maupun diam (Ichsan, 2020).

Stasiun referensi digunakan dalam implementasi penentuan posisi diferensial kinematik dengan menggunakan data fase. Penggunaan lebih dari satu referensi akan lebih baik karena dapat memperluas cakupan dari pengamatan. Penggunaan satu stasiun referensi hanya efektif untuk *baseline* (jarak antara stasiun referensi dan penerima GPS) sekitar 10 hingga 15 km. Untuk *baseline* yang lebih panjang, menentukan ambiguitas fase dengan benar menjadi lebih sulit karena adanya residu dari kesalahan dan bias yang perlu diperhitungkan (Abidin dkk., 2016).



Gambar 2. Penentuan posisi kinematik
(Sumber: Wahyono, 2019)

2.5. *Baseline*

Baseline dalam survei GPS merupakan jarak antara dua titik pengukuran/pengamatan GPS, jarak ini digunakan untuk menentukan posisi titik relatif terhadap titik lainnya. Adapun *baseline* pendek adalah jarak dua titik pengukuran GPS yang relatif dekat, yaitu beberapa meter sampai beberapa kilometer (< 10 km) (Abidin dkk., 2016). Sementara *baseline* panjang merujuk pada jarak yang lebih jauh, yaitu puluhan kilometer hingga ratusan kilometer. Umumnya pengukuran dengan menggunakan *baseline* pendek dapat memberikan akurasi yang lebih baik daripada menggunakan *baseline* panjang, hal ini dikarenakan pengukuran menggunakan *baseline* pendek lebih sensitif terhadap perbedaan fase sinyal GPS. Akan tetapi

pengukuran GPS menggunakan *baseline* panjang dapat memberikan informasi yang berkaitan dengan geodesi, pergerakan lempeng, dan studi topografi.

Pada kegiatan survei GPS, karakteristik *baseline* yang perlu diperhatikan antara lain sebagai berikut,

- a. Suatu jaringan akan semakin baik, apabila semakin banyak *baseline* yang diamati.
- b. *Baseline* yang digunakan dalam suatu jaringan survei GPS sebaiknya memiliki panjang yang tidak terlalu jauh satu sama lain, dikarenakan untuk menjaga homogenitas ketelitian titik pada jaringan GPS.
- c. Jika memungkinkan amati *baseline* antara titik-titik yang berdampingan, hal ini untuk menjaga panjang *baseline* yang pendek agar mendapatkan akurasi yang tinggi.

Selain itu Abidin (2016) menjelaskan terdapat beberapa kriteria dalam memilih atau menentukan *baseline* terhadap *baseline* lain, diantaranya

- a. Panjang dari *baseline* relatif lebih pendek.
- b. Waktu yang diperlukan untuk mencapai ujung kedua titik relatif cepat.
- c. Ujung dari kedua titik mudah dicapai.
- d. Memiliki kontribusi yang besar terhadap kekuatan jaring.

2.6. TEQC (*Translation, Editing, Quality Check*)

Translation, Editing, Quality Checking (TEQC) merupakan perangkat lunak tak berbayar milik UNAVCO (L. H. Estey dan Meertens, 1999). Sesuai dengan namanya, program ini memiliki tiga peran utama, yaitu mengubah dari format *biner* asli menjadi format *Receiver Independent Exchange* (RINEX) yang standar, memodifikasi berkas RINEX, dan pengecekan terhadap kualitas data sebelum dilakukan *post processing* (L. Estey dan Wier, 2014). Secara lebih detil program ini dapat digunakan untuk:

1. Mengkonversi data pengamatan berformat asli *biner* tertentu (misalnya, Trimble * .dat) ke format RINEX.

2. Mengecek *file* atau *file* RINEX untuk memenuhi spesifikasi RINEX versi 2; sebagai contoh, *field header* yang harusnya muncul namun tidak ada, dapat diidentifikasi.
3. Memodifikasi dan menyunting *field header* RINEX yang ada di *file*
4. Memeriksa kualitas *file* RINEX yang valid, memotong jendela pengamatan, atau memotong data pengamatan menjadi dua atau lebih *file* RINEX.
5. Membuat *file* RINEX baru dengan interval sampel yang lebih panjang, misalnya dari 1 detik sampai 30 detik.

2.7. GAMIT/ GLOBK

GAMIT (*GPS Analysis at MIT*) merupakan paket program pengolahan data fase untuk menentukan dan memperhitungkan posisi tiga dimensi dari stasiun pengamatan di bumi, orbit satelit dan parameter orientasi bumi (Floyd, 2022). GAMIT dikembangkan oleh MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) pada tahun 1970-an dan dirancang berjalan pada sistem operasi UNIX. GAMIT merupakan perangkat lunak ilmiah yang menyertakan data stasiun kontinu dari seluruh dunia, seperti IGS. Untuk mengolah data, perangkat lunak GAMIT memerlukan data *input*, yaitu (Herring dkk., 2018) :

- a. *Raw data*, yang merupakan data yang berasal dari data observasi atau pengamatan GPS
- b. *File station.info*, data yang berisi informasi stasiun yang diolah seperti, model antena dan *receiver* serta waktu pengamatan dari stasiun yang digunakan.

File site.defaults, berisi data yang dipakai untuk mengontrol penggunaan GLOBK (*Global Kalman filter*) merupakan program yang mengkombinasikan data survei terestris dan ekstra terestris. Kunci dari data *input* GLOBK meliputi matriks kovarian koordinat stasiun, koordinat hasil pengamatan lapangan serta parameter orbit dan rotasi bumi (M. Floyd, 2022). Menurut Herring (2015) terdapat tiga hal yang dapat diaplikasikan menggunakan GLOBK, yaitu

- a. Mengkombinasikan hasil pengamatan individu untuk menghasilkan koordinat stasiun rata-rata dari pengamatan stasiun yang dilakukan lebih dari satu hari

- b. Mengkombinasikan hasil rata-rata selama beberapa tahun untuk menentukan kecepatan stasiun.
- c. Mengestimasi koordinat stasiun pengamatan untuk menghasilkan data beberapa hari atau tahun (*time series*)

Sementara itu perangkat lunak GLOBK tidak dapat melakukan beberapa hal yaitu

- a. Membuat atau mengasumsikan model linier, karena banyaknya proses perataan yang dijalankan pada koordinat stasiun dan parameter orbit
- b. Menghilangkan data yang buruk, *cycle slip*, *atmospheric delay modeling errors*.
- c. GLOBK tidak dapat menyelesaikan ambiguitas fase.
- d. stasiun dalam pengolahan GAMIT.
- e. *L-file*, berisi data koordinat pendekatan dari stasiun pengamatan dan titik ikat yang digunakan.
- f. *File navigasi*, berisi data berupa *RINEX*, *ephemeris* ataupun *navigation message* dari IGS.
- g. *File sittbl*, data yang digunakan untuk memberikan konstrain pada stasiun pengamatan dan titik ikat.
- h. *File sestbl*, data yang berisi *control table* yang dieksekusi GAMIT.

2.8. GAMIT TRACK

GAMIT TRACK adalah paket perangkat lunak (modul) pemosisian dinamis dari GAMIT yang digunakan untuk *roving* GPS, seismologi GPS, deformasi singkat, deformasi episodik dan kontinu (Floyd dkk, 2017). GAMIT TRACK memiliki keunggulan pengoperasian yang sederhana dan tanpa memerlukan sejumlah besar data terlebih dahulu sebelum perhitungan. Algoritma yang terdapat di GAMIT TRACK ini berfungsi untuk memperbaiki masalah ambiguitas dalam penentuan posisi dengan data fase baik secara *post-processing* maupun secara *real time* (Akbar, 2022).

TRACK memanfaatkan data *Carrier Phase* yang dipancarkan oleh GPS dan data pengamatan *pseudorange* untuk memperkirakan posisi relatif tiga dimensi dari stasiun kontrol darat dan orbit satelit, pengaruh keterlambatan zenith atmosfer, dan parameter orientasi bumi lainnya (Putri, 2020). Di dalam GAMIT TRACK, kunci utama untuk menghasilkan koordinat pengamatan adalah dengan mengatur konfigurasi dari *command file* yang tersedia. Selain itu, juga dibutuhkan *file RINEX* observasi dari stasiun pengamatan yang digunakan serta *file navigasi (precise ephemeris or broadcast ephemeris)* (Lu dkk., 2012). Adapun hasil koordinat yang diperoleh adalah koordinat yang sesuai dengan konfigurasi dari *command file*. Hasil akhir dari proses pengolahan data menggunakan TRACK berupa *Processing Summary* dan *file (.LC)* (Akbar, 2022).

2.9. RMSE (*Root Mean Square Error*)

Root Mean Square Error adalah akar kuadrat rata-rata dari selisih kuadrat antara nilai koordinat data pengamatan dan nilai koordinat dari data dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Menurut Armijon (2012), RMSE adalah parameter yang digunakan untuk menilai hasil pengamatan terhadap nilai sebenarnya atau nilai yang dianggap benar. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung nilai RMSE adalah sebagai berikut (Rhomadon, 2018):

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

Keterangan :

RMSE : *Root Mean Square Error*

y_i : nilai hasil pengukuran

y_{ii} : nilai estimasi yang dianggap benar

n : jumlah data

Dari persamaan dapat diperoleh persamaan turunan yang digunakan untuk menghitung RMSE , sebagai berikut :

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

Keterangan :

RMSE jarak : *Root Mean Square Error* jarak

r : nilai jari-jari lingkaran hasil pengamatan

1,5 : nilai jari-jari lingkaran yang dianggap benar

n : jumlah data pengamatan

untuk mendapatkan nilai jarak pada penelitian ini didapatkan persamaan 3.

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

Keterangan :

x_1 : nilai koordinat x pengamatan lingkaran

y_1 : nilai koordinat y pengamatan lingkaran

x_2 : nilai koordinat x titik tengah lingkaran

y_2 : nilai koordinat x titik tengah lingkaran

2.10. Penelitian Terdahulu

Dalam pengambilan keputusan dan juga sebagai referensi pustaka, tentunya penulis menjadikan penelitian - penelitian tertentu menjadi referensi, baik itu dalam segi ide, tulisan, hal - hal teknis, dan lain sebagainya yang selanjutnya akan digunakan untuk melihat kekurangan serta kelebihan dari penelitian - penelitian tersebut sehingga menjadi bahan penyempurnaan bagi penelitian penulis.

Dibawah ini merupakan sedikit uraian dari penelitian - penelitian yang penulis jadikan sebagai referensi, perbandingan, dan pertimbangan penulis susun dalam tabel berikut :

Tabel 1. Penelitian terdahulu

Peneliti	Judul	Metode	Hasil
Bambang Rudianto, Nurul Yahanafia (2013)	Pengaruh Penambahan Jumlah Titik Ikat terhadap Peningkatan Ketelitian Posisi Titik pada Survei GPS	Lamanya waktu pengamatan untuk suatu pengukuran GPS dengan panjang <i>baseline</i> antara 10 km sampai dengan 50 km dengan menggunakan <i>receiver</i> satu frekuensi adalah 90 sampai dengan 180 menit	Banyaknya jumlah titik ikat yang digunakan dalam proses hitungan penentuan posisi pada survei GPS akan meningkatkan ketelitian posisi horizontal, namun di sisi lain ketelitian tingginya akan menurun.
Ditha Daratama, Irwan Meilano, dan Dina Sarsito (2013)	Identifikasi Karakteristik Kinematik GPS untuk Pemantauan Deformasi Lempeng Bumi	Menggunakan metode diferensial kinematik, titik ini diamati dengan interval pengamatan waktu 1 detik	Pengamatan posisi berketelitian tinggi menggunakan metode kinematik GPS dipengaruhi oleh faktor panjang <i>baseline</i> pengamatan, serta bias residual lainnya.

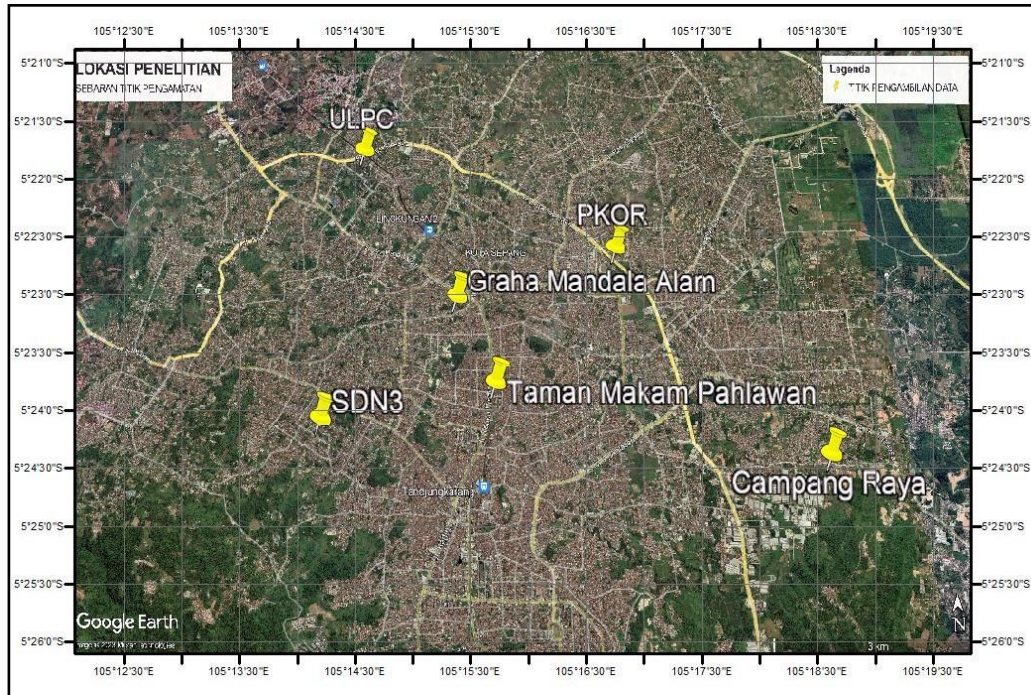
Hassanudin Z. Abidin dan Fajar T. Mugiarto (2000)	Pengaruh Geometri Jaringan Terhadap Ketelitian Survei GPS	Menggunakan parameter-parameter geometri jaringan seperti jumlah dan distribusi dari titik tetap, jumlah <i>loop</i> dalam jaringan serta konektivitas titik-titiknya	Pada suatu survei GPS, secara umum parameter-parameter geometri jaringan seperti jumlah dan distribusi dari titik tetap, jumlah <i>loop</i> dalam jaringan serta konektivitas titik-titiknya, akan mempengaruhi tidak hanya nilai koordinat dari titik-titik dalam jaringan tapi juga tingkat ketelitiannya.
Muhammad hairul Iqbal (2017)	Pengaruh Strategi Pengolahan <i>Baseline</i> GPS Berdasarkan Jumlah Titik Ikat dan Variasi Waktu Pengamatan	Membandingkan akurasi koordinat dari titik pengamatan yang dihasilkan oleh pengikatan dengan jumlah titik ikat yaitu 3 CORS BIG, 4 CORS BIG dan stasiun IGS dengan variasi waktu pengamatan yaitu 12 jam, 18 jam, dan 24 jam	Pengikatan terhadap stasiun CORS BIG memiliki rata-rata nilai standar deviasi yang besar yaitu 40 mm sampai 50 mm, sedangkan pengikatan terhadap stasiun IGS memiliki rata-rata nilai standar deviasi yaitu 3 mm sampai dengan 1,5 mm
Fahmi Arlis Purnama (2022)	Studi Ketelitian Hasil Pengolahan Data Pengamatan GNSS Metode Kinematik Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT Track	Menggunakan metode kinematik dengan objek pengamatan yang membentuk lingkaran dengan radius 1,5 m diolah menggunakan <i>Software</i> GAMIT TRACK	Hasil pengamatan dan pengolahan data pada penelitian ini mendapatkan hasil perhitungan hingga orde centimeter, maka penelitian ini cukup baik jika digunakan pada pengukuran bidang tanah

Thomas Aquino Suwanta (2023)	Pengaruh Jumlah Titik Ikat Pada Pengamatan GPS Metode <i>Rapid Static Short Baseline</i> Menggunakan GAMIT TRACK	Menggunakan metode <i>rapid static short baseline</i> dengan interval pengamatan 1 detik selama 20 menit	Semakin banyak jumlah titik ikat yang digunakan nilai RMSE horizontal semakin kecil, hal ini membuktikan bahwa jumlah titik ikat yang digunakan mempengaruhi nilai ketelitian yang diperoleh
Ashsidiqie Rajna (2023)	Pengaruh Jumlah Titik Ikat Terhadap Ketelitian Posisi Titik Pengamatan GPS Kinematik	Menggunakan lintasan berbentuk lingkaran untuk pengamatan kinematik, dengan interval perekaman data 1 detik	Jumlah titik ikat yang digunakan mempengaruhi nilai ketelitian yang dihasilkan. Dimana semakin banyak titik ikat yang digunakan nilai RMSE jarak semakin kecil

III.METODE PELAKSANAAN

3.1. Lokasi

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di daerah Kota Bandar Lampung dengan memperhatikan lokasi yang mempunyai visibilitas terhadap langit yang cukup baik. Pada penelitian ini digunakan titik tetap sebagai stasiun *base*, dan titik pengamatan sebagai *rover*, adapun titik tetap dan titik pengamatan terpaut jarak kurang dari 10 km Titik pengamatan berada di Taman Makam Pahlawan Kota Bandar Lampung (titik pengamatan 1), gedung Graha Mandala Alam (titik pengamatan 2), serta titik tetap atau stasiun referensi yang akan digunakan sebagai titik ikat berada di Jl. Alimudin Umar, Campang Raya, Kecamatan Sukabumi, Kota Bandar Lampung (CMPG), Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro, Gedong Meneng, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung (ULPC), Jl. Sultan Badarudin No.107, Segala Mider, Kecamatan Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung (SDN3) serta Jl. Minak Tebus Bawang, PKOR, Way Halim, Kota Bandar Lampung (PKOR).



Gambar 3. Lokasi Penelitian
(Sumber : *Google Earth*)

3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dibagi menjadi 2 yaitu :

a. Perangkat Keras

1. *Receiver* GNSS Geodetik
2. *Tripod* (kaki tiga)
3. *Tribach*
4. Meteran
5. Catu daya
6. Perangkat komunikasi (*handphone*)
7. Laptop

Tipe laptop : ASUS Vivobook X515JP

- Sistem Operasi : *Windows 11 dan Linux Mint 20.3*
Tipe Sistem : *64-bit Operating System*
8. *Mouse*

b. Perangkat Lunak

1. GAMIT GLOBK
2. GAMIT TRACK
3. TEQC
4. *Microsoft Office (Word, Excel, Power Point)*
5. Nitro Pro

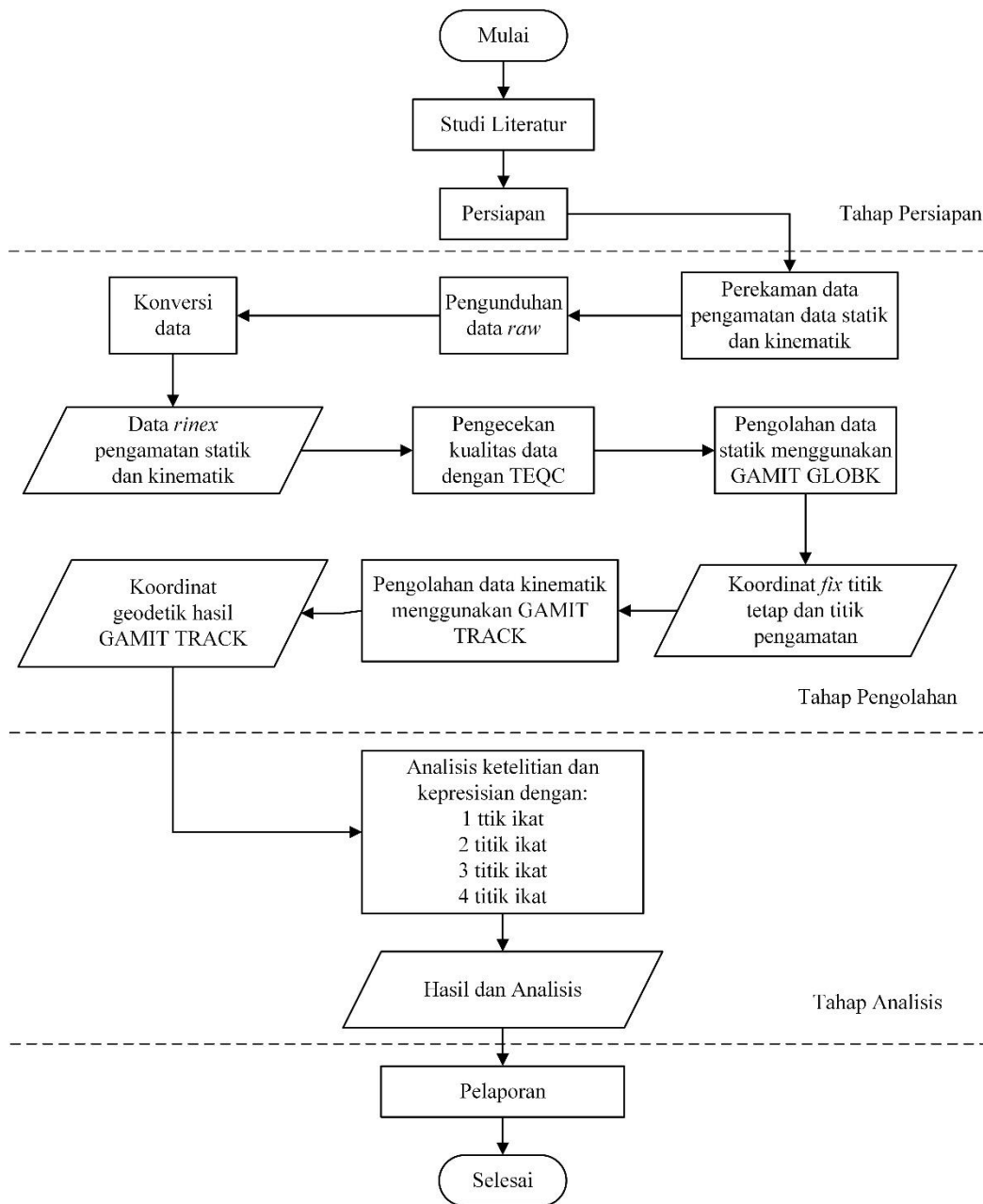
3.2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam dalam kegiatan penelitian ini antara lain :

1. Data RINEX pengamatan GNSS metode kinematik
2. Data RINEX IGS yang berfungsi sebagai titik ikat.
3. *File Broadcast ephemeris (file navigasi satelit)*
4. *File Precise ephemeris dengan format sp3*

3.3. Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian ini ialah sebagai berikut.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

3.4. Metode Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data yang dipakai dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

3.4.1. Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk memperoleh teori, metode serta pengolahan dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, karya tulis, dan lain sebagainya.

3.4.2. Observasi

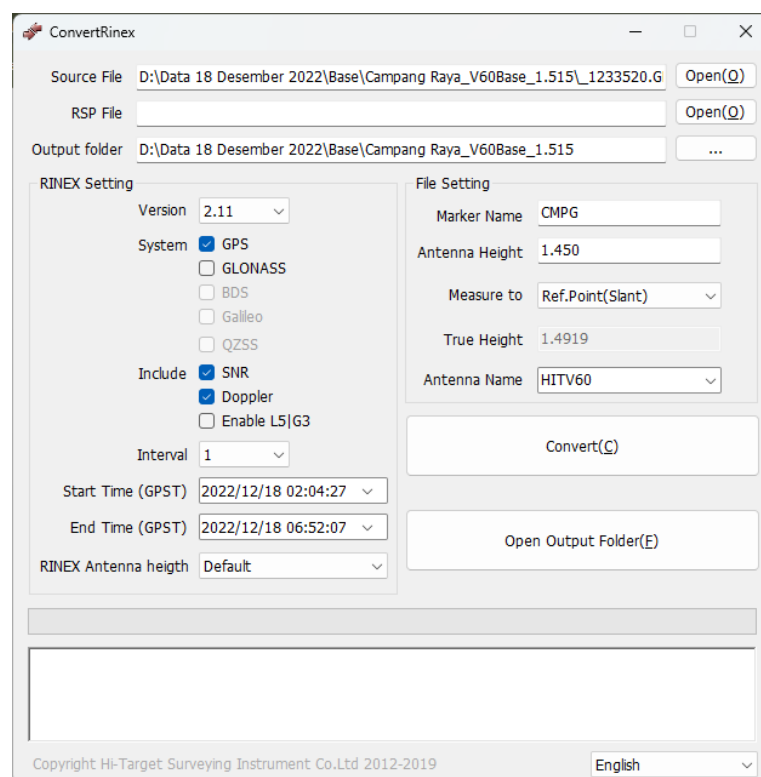
Adapun yang dimaksud metode observasi ialah cara pengumpulan data berdasarkan pengamatan langsung objek penelitian. Adapun metode yang dipakai adalah metode kinematik dan statik. Pengamatan kinematik dilakukan pada lintasan berbentuk lingkaran, dan selama 2 putaran pada masing - masing titik pengamatan dengan interval perekaman sebesar 1 detik dan *mask angel* sebesar 15^0 serta diameter lingkaran 3 meter dan pengamatan statik dilakukan untuk menentukan koordinat titik tetap yang dijadikan sebagai titik ikat saat pengolahan data pengamatan kinematik. Adapun pengamatan statik dilakukan selama 6 jam dengan interval perekaman 1 detik dan *mask angel* 15^0 .

3.5. Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu

3.5.1. Konversi data ke *RINEX*

Konversi data digunakan untuk merubah data mentah atau data *raw* hasil pengamatan GPS ke dalam bentuk *RINEX*, adapun *software* yang digunakan pada proses konversi data ini adalah *Hi-Target Geomatics Office* untuk mengkonversi data mentah dari stasiun pengamatan CMPG, PKOR, SDN3, TNMP, GGMA ke dalam bentuk *RINEX* dan *CHC Geomatics Office* untuk mengubah data mentah dari stasiun ULPC kedalam bentuk *RINEX*. Pada saat melakukan konversi data perlu memasukan beberapa data penting seperti versi *RINEX*, nama titik, tinggi alat (*slant, vertical, receiver bottom, antena bottom, atau phase center*), interval perekaman, waktu awal perekaman dan waktu akhir perekaman. Dari proses konversi data ini didapatkan dua data yaitu data observasi (*.yoo) dan data navigasi (*.yyn).



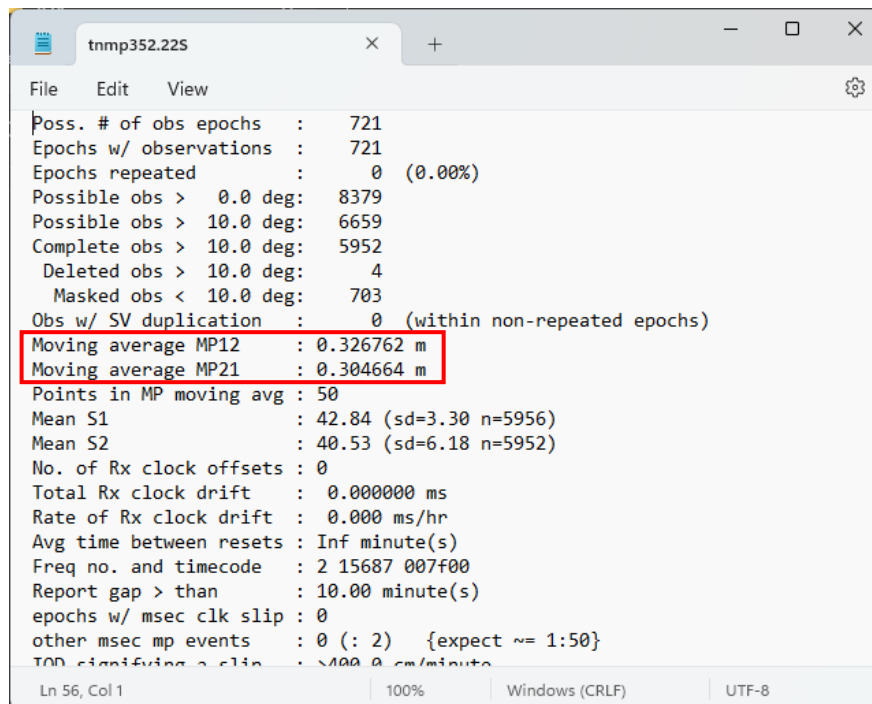
Gambar 5. Proses konversi data *raw* ke data *RINEX*

3.5.2. Pengecekan data *RINEX*

Pengecekan data *RINEX* dilakukan dengan memanfaatkan *software* TEQC. Tujuan dilakukannya pengecekan data *RINEX* ini adalah untuk mengetahui nilai *multipath* dari data hasil pengamatan. Selain informasi *multipath* juga didapatkan informasi berupa interval perekaman, rentang waktu perekaman, jumlah satelit dan informasi lainnya. Pada proses pengecekan data *RINEX* dengan perangkat lunak TEQC dibutuhkan *file* observasi serta *file* navigasi, yang selanjutnya di proses dengan menjalankan perintah sebagai berikut :

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

Dari proses tersebut diperoleh nilai MP12 dan MP21 yang menampilkan nilai *multipath*, dimana data pengamatan dikatakan baik jika nilai MP12 dan MP21 lebih kecil dari 5.



```
tnmp352.225
File Edit View
Poss. # of obs epochs : 721
Epochs w/ observations : 721
Epochs repeated : 0 (0.00%)
Possible obs > 0.0 deg: 8379
Possible obs > 10.0 deg: 6659
Complete obs > 10.0 deg: 5952
Deleted obs > 10.0 deg: 4
Masked obs < 10.0 deg: 703
Obs w/ SV duplication : 0 (within non-repeated epochs)
Moving average MP12 : 0.326762 m
Moving average MP21 : 0.304664 m
Points in MP moving avg : 50
Mean S1 : 42.84 (sd=3.30 n=5956)
Mean S2 : 40.53 (sd=6.18 n=5952)
No. of Rx clock offsets : 0
Total Rx clock drift : 0.000000 ms
Rate of Rx clock drift : 0.000 ms/hr
Avg time between resets : Inf minute(s)
Freq no. and timecode : 2 15687 007F00
Report gap > than : 10.00 minute(s)
epochs w/ msec clk slip : 0
other msec mp events : 0 (: 2) {expect ~= 1:50}
TOP significant mp events : >100.0 cm/minute
Ln 56, Col 1 | 100% | Windows (CRLF) | UTF-8
```

Gambar 6. Hasil pengecekan nilai *multipath* menggunakan TEQC

3.5.3. Instalasi *Linux* dan *GAMIT*

Sistem operasi linux yang digunakan pada proses ini adalah *Linux Mint 20.3 Cinnamon*, agar mempermudah akses terhadap *software* yang berjalan di sistem operasi *windows 11* maka dilakukannya instalasi *dual boot*, dimana ada dua operasi sistem yang bekerja pada satu komputer/ laptop yaitu *linux* dan *windows*. Sementara itu instalasi *software GAMIT* dilakukan setelah instalasi *linux* berhasil. Instalasi *GAMIT* dilakukan dengan menggunakan *terminal linux* dengan masuk ke dalam *system root* dari *linux* yang digunakan.



```

      .-MMMMMMMMMMMMMMMM- .
    .-MMMM`..-:::--::--`MMMM-.
    .:MMM: .MMMMMMMMMMMMMMMM: .MMM:
  -MMM-M--MMMMMMMMMMMMMMMMMMMM.MMM-
  `:MMM:MM` :MMMM: . . . . .-MMMM:MMM:
  :MMM:MMM` :MM:  -MM.  .MM-  `MMMM:MMM:
:MMM:MMM` :MM.  -MM-  .MM:  `MMMM-MMM:
:MMM:MMM` :MM.  -MM-  .MM:  `MMMM:MMM:
:MMM:MMM` :MM.  -MM-  .MM:  `MMMM-MMM:
:MMM:MMM` :MM--:MM--:MM:  `MMMM:MMM:
:MMM:MMM-  `MMMMMMMMMMMMMM-  -MMM-MMM:
:MMM:MMM`  `MMMMMMMMMMMMMM-  :MMM:MMM:
.MMM.MMMM:-----:MMMM.MMM.
' -MMMM- -MMMMMMMMMMMMMMMM- .MMMM-'
' .-MMMM`--:~::~--`MMMM-.'
' -MMMMMMMMMMMMMMMM- '
  `:::--::--`

```

```

-----
OS: Linux Mint 20 x86_64
Host: X442URR 1.0
Kernel: 5.4.0-146-generic
Uptime: 2 mins
Packages: 2242 (dpkg), 6 (flatpak),
Shell: bash 5.0.17
Resolution: 1366x768
DE: Cinnamon
WM: Mutter (Muffin)
WM Theme: CBlue (Adapta)
Theme: Adwaita-dark [GTK2/3]
Icons: Mint-Y-Yellow [GTK2/3]
Terminal: gnome-terminal
CPU: Intel i5-8250U (8) @ 3.400GHz
GPU: NVIDIA GeForce 930MX
GPU: Intel UHD Graphics 620
Memory: 772MiB / 7843MiB

```

Gambar 7. Operating System Linux Mint

3.5.4. Pengolahan data pengamatan statik menggunakan GLOBK

Pengolahan data statik menggunakan GAMIT/ GLOBK dilakukan setelah pengecekan kualitas data RINEX pengamatan menggunakan perangkat lunak TEQC. Adapun tahapan pengolahan data menggunakan GAMIT/ GLOBK adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan direktori kerja

Sebelum melakukan pengolahan data menggunakan GAMIT, terlebih dahulu membuat direktori kerja yang berisi beberapa *folder*, antara lain :

- a. *Folder RINEX*, berisi data *RINEX* stasiun pengamatan dan data *RINEX* dari stasiun yang dijadikan sebagai titik ikat. *File RINEX* titik ikat dari stasiun IGS dapat di-*download* secara otomatis menggunakan perintah “`sh_get_rinex -archive sopac cddis unavco -yr (yyyy) -doy (ddd) -ndays (num) -sites (4 characters IGS site)`”. Adapun data *RINEX* stasiun IGS yang digunakan adalah PGEN, ALIC, ANMG, CIBG, BAKO, COCO, DARW, DGAR, HKWS, HYDE, SIN1, KARR, PNGM, PTGG, XMIS, dan YARR.
- b. *Folder IGS*, berisi *file precise ephemeris* (orbit satelit) dengan format *.sp3 dan dapat diunduh menggunakan perintah “`sh_get_orbits -archive sopac -yr (yyyy) -doy (ddd) -ndays (num) -orbits igsf`”.
- c. *Folder BRDC*, berisi *file navigasi* atau *broadcast ephemeris* yang dapat diunduh “`sh_get_nav -archive sopac -yr (yyyy) -doy (ddd) -allnav`” dan menghasilkan *file* berformat *.yyn.

2. *Link folder Tables* dan *editing File Control*

Folder tables pada instalasi GAMIT harus di link ke *folder project* pengolahan sesuai dengan tahun pengamatan dengan perintah “`sh_setup -yr (yyyy)`”.

3. Melakukan *update file-file* yang ada didalam *tables* berdasarkan tahun pengamatan
4. Menjalankan *automatic batch processing* GAMIT
5. Persiapan pengolahan menggunakan GLOBK
6. Pengolahan menggunakan GLRED dan GLOBK

Menjalankan GAMIT dapat dijalankan dengan *automatic batch processing* dengan perintah

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

keterangan :

(expt) : nama direktori yang digunakan pada pengolahan

-d	: digunakan pada pengamatan dalam satu hari
Yyyy	: tahun pengamatan data yang diolah
Doy	: <i>Day of Years</i> data pengamatan yang diolah
-pres	: digunakan untuk plot residu sebagai <i>sky plot</i>
ELEV	: digunakan opsi untuk plot residu dan fase <i>elevation</i>
IGSF	: jenis orbit yang digunakan dalam pengolahan

File hasil yang diperoleh dari pengolahan data menggunakan GAMIT adalah *folder* GAMIT adalah *folder* sebanyak *doy* yang diolah. Setiap *folder* *doy* menghasilkan beberapa *file*, yaitu

- H-file*, berisi *file* nilai penyesuaian dan nilai matriks varian-kovarian dari titik-titik pengamatan maupun stasiun *base* yang digunakan. *H-file* ini akan digunakan untuk pengolahan data dengan GLOBK.
- Q-file*, memuat semua hasil informasi hasil pengolahan data pengamatan yang disajikan dalam dua versi *Biases-free Solution* dan *Bias-fixed Solution*.
- Sh_gamit.summary*, yaitu *file* rangkuman dari pengolahan GAMIT, dan juga parameter yang menjadi acuan kontrol pengolahan.

3.5.5. Pengolahan data kinematik menggunakan GAMIT TRACK

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

- file* *RINEX* observasi (*.yyo) dari titik/ stasiun pengamatan maupun stasiun yang dijadikan titik ikat.
- File* *ephemeris* (*.sp3), yaitu *file* yang berisi informasi data catatan orbit dan jam dari konstelasi GPS
- File* *Ionex* (*.yyi), yaitu *file* yang menyimpan informasi ionosfer untuk pengolahan data GPS

4. *File Command Prompt (*.cmd)*, yaitu *file* yang berisi pilihan atau opsi yang digunakan untuk menjalankan TRACK
5. *File ambin (*.amb)*, yaitu *file* yang berisi nilai bias parameter pada pengolahan.

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

1. OBS_FILE, adalah 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 memasukan *file broadcast ephemeris* yang akan digunakan.
3. MODE, merupakan 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 *apriori 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 memasukan 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 menggunakan 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 yaitu penyesuaian posisi (*adjustment position*), penentuan ambiguitas fase, dan penentuan koordinat final.

Pada penelitian ini digunakan beberapa strategi dalam pengolahan data pengamatan kinematik menggunakan GAMIT TRACK, dimana strategi tersebut berdasarkan jumlah titik ikat yang digunakan pada masing-masing stasiun pengamatan. Berikut adalah strategi yang digunakan dalam pengolahan data menggunakan GAMIT TRACK :

a. Strategi 1

Pada strategi yang pertama digunakan 1 titik ikat pada pengolahan data, dimana titik ikat yang digunakan adalah stasiun PKOR (Pusat Kegiatan Olah Raga).

b. Strategi 2

Pada strategi pengolahan data yang 2 digunakan 2 titik ikat, dimana titik ikat yang digunakan adalah titik ikat stasiun PKOR (Pusat Kegiatan Olah Raga) dan CMPG (Campang Raya).

c. Strategi 3

Pada strategi yang ke tiga, pengolah data dilakukan dengan 3 titik ikat, adapun titik ikat yang digunakan adalah titik ikat stasiun PKOR (Pusat Kegiatan Olah Raga), CMPG (Campang Raya), dan stasiun SDN3 (SD Negeri 3 Segala Mider).

d. Strategi 4

Pada strategi yang ke empat digunakan 4 titik ikata pada pengolahan data, diantaranya adalah PKOR (Pusat Kegiatan Olah Raga), CMPG (Campang Raya), dan stasiun SDN3 (SD Negeri 3 Segala Mider) dan ULPC (Universitas Lampung CORS).

3.5.6. Transformasi Koordinat ke UTM

Transformasi koordinat dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *python* 3.12. Adapun *file* yang digunakan dalam proses transformasi koordinat ini adalah *file* koordinat geodetik hasil pengolahan menggunakan GAMIT TRACK. Sebelum melakukan transformasi koordinat perlu dilakukan pemasangan *package* atau paket yang digunakan untuk membantu menjalankan proses transformasi koordinat geodetik ke koordinat UTM. *Package* yang dimaksud meliputi *openpyxl* 3.1.2 untuk membaca *file excel*, *pandas* 1.5.3 untuk perhitungan statistik, dan *utm* 0.7.0 untuk mentransformasikan koordinat geodetik ke koordinat UTM (*Univesal Transverse Mercator*).

3.6. Metode Analisa Data

Metode analisa data yang digunakan adalah metode RMSE (*Root Mean Square Error*). Analisa ini bertujuan untuk menentukan nilai akurasi dari jarak pengamatan GPS kinematik terhadap jarak yang dianggap benar, di mana jarak pengamatan yang dimaksud adalah jarak pusat lingkaran ke titik pengamatan dari hasil pengolahan data dan jarak yang dianggap benar adalah jarak pusat lingkaran ke titik pengamatan yang diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan. Akurasi dari pengamatan GPS kinematik dapat dilihat dari nilai RMSE_{xy}, apabila nilai yang didapatkan semakin kecil atau mendekati nilai nol, maka akurasi yang didapatkan semakin baik. Proses analisa data ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *microsoft excel 2016*. Adapun rumus yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada persamaan (2).

V.PENUTUP

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh jumlah titik ikat dalam pengamatan kinematik *short baseline* dengan menggunakan GAMIT TRACK yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, maka diperoleh beberapa simpulan 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.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disampaikan beberapa saran antara lain :

1. Jumlah titik ikat yang digunakan sangat berpengaruh terhadap ketelitian yang dihasilkan, maka diperlukan penambahan beberapa titik ikat untuk menghasilkan ketelitian yang lebih baik.
2. Melakukan penelitian yang serupa dengan menggunakan metode yang berbeda, untuk mencari metode yang menghasilkan ketelitian yang lebih baik

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. 2001. *Geodesi Satelit*. PT. Pradnya Paramita.
- Abidin, H. Z. 2021. *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*. ITB-Press.
- Abidin, H. Z., Jones, A., dan Kahar, J. 2016. *Survei Dengan GPS*. ITB Press.
- Abidin, H. Z., dan Mugiarto, F. T. 2000. Pengaruh Geometri Jaringan Terhadap Ketelitian Survey GPS. *Jurnal Surveying dan Geodesi*, 10(1), 1–15.
- Akbar, N. 2022. *Kajian Penerapan Pengukuran GPS Metode Rapid Static Menggunakan GAMIT TRACK Pada Pengukuran Bidang Tanah*. Universitas Lampung.
- Armijon, Yohanes, dan Dewi, C. 2012. *Analisis Ketelitian Koreksi Geometrik Data Quickbird Pesisir Teluk Lampung Menggunakan GPS Receiver Tipe Navigasi*. Universitas Lampung.
- Chairul Iqbal, M., Darmo Yuwono, B., dan Janu Amarrohman, F. 2017. Analisis Strategi Pengolahan Baseline Gps Berdasarkan Jumlah Titik Ikat Dan Variasi Waktu Pengamatan. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 228–237.
- Daratama, D., Meiliano, I., dan Sarsito, D. 2013. *Identifikasi Karakteristik Kinematik GPS Untuk Pemantauan Deformasi Lempeng Bumi*. Institut Teknologi Bandung.
- El-Rabbany, A. 2002. *Introduction to GPS*. Artech House.
- Estey, L. H., dan Meertens, C. M. 1999. TEQC: The Multi-Purpose Toolkit for GPS/GLONASS Data. *GPS Solutions*, 3(1), 42–49. <https://doi.org/10.1007/PL00012778>
- Estey, L., dan Wier, S. 2014. *Teqc Tutorial: Basics of Teqc Use and Teqc Products*. UNAVCO Inc. www.unavco.org
- Floyd, M. 2022. *GAMIT/GLOBK*. <http://geoweb.mit.edu/gg/>
- Floyd, M. A., Herring, T. A., dan King, R. W. 2017. *Examples using track* (Nomor June). UNAVCO Headquarters.
- Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A., dan McClusky, S. C. 2018. *GAMIT Reference Manual Release 10.7*. Massachusetts Institute of Technology.
- Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A., dan McClusky, S. C. 2015. *GLOBK*

Reference Manual Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program Release 10.7. Massachusetts Institute of Technology.

- Ichsan, F. 2020. *Analisis Pengukuran Bidang Tanah dengan Menggunakan GNSS Metode RTK-NTRIP pada Stasiun CORS UNDIP, Stasiun CORS BPN, dan Stasiun CORS BIG Kota Semarang.*
- Jeffrey, C. 2010. *An Introduction to GNSS.* NovAtel Inc.
- Kahar, J., dan Purworahardjo, U. 2008. *Geodesi.* ITB Press.
- Lu, B., Jin, J. ingp, Duan, W. yi, Chen, L. jin, dan Guan, H. ye. 2012. Research of GPS signal multipath effects based on GAMIT TRACK. *Advanced Materials Research*, 588–589, 912–919. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.588-589.912>
- Purnama, F. A. 2022. Studi Ketelitian Hasil Pengolahan Data Pengamatan GNSS Metode Kinematik Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT Track. *Datum*, 8.5.2017, 2003–2005.
- Putri, C. A. 2020. *Analisis Perubahan Baseline Gunung Tangkuban Parahu Menggunakan Data Pengamatan GPS Pada Erupsi 7 September 2019.* Institut Teknologi Nasional.
- Ridho, M., Sj, N., Murdapa, F., dan Rahmadi, E. 2022. Analisis Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan Metode Rtk Ntrip Dengan Beberapa Provider 4G. *Universitas Lampung; Jl Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro*, 2(1), 35145.
- Romadhon, R. 2018. *Analisis Ketelitian Hasil Pengamatan Gns Berdasarkan Metode Dan Lama Pengukuran Ground Control Point (Studi Kasus : Kota Surabaya).* Institut Teknologi Sepuluh Desember.
- Rudianto, B., dan Yuhanafia, N. 2013. Pengaruh Penambahan Jumlah Titik Ikat terhadap Peningkatan Ketelitian Posisi Titik pada Survei GPS. *REKA GEOMATIKA, Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 1(2), 80–89.
- Sari, A. 2022. *Modul Praktikum Survey GNSS.* Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika.
- Sickle, J. Van. 2008. *GPS for Land Surveyors* (Third Edit). CRC Press.
- Suwanta, T. A. 2023. *Pengaruh Titik Ikat Pada Pengamatan GPS Metode Rapid Static Short Baseline Menggunakan GAMIT TRACK.* Universitas Lampung.
- Teunissen, P. J. ., dan Montenbruck, O. 2017. *Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems.* Springer.