

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

(SKRIPSI)

Oleh:

**ILZAM FAZLI
NPM 1715013018**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGARUH JUMLAH TITIK IKAT PADA PENGAMATAN GPS METODE *RAPID STATIC LONG BASELINE* DENGAN PENGOLAHAN MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK GAMIT TRACK

Oleh

ILZAM FAZLI

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

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF THE NUMBER OF BASED POINTS ON GPS OBSERVATION RAPID STATIC LONG BASELINE METHOD USING PROCESSING USING GAMIT TRACK SOFTWARE

By

ILZAM FAZLI

In GPS surveys, position accuracy is very important for GPS users. One of the factors that can affect the accuracy of the position in GPS surveillance is the number of tie points used. However, increasing the number of tie points in GPS observations will affect the time needed to collect data. This study aims to provide a reference for GPS users to help determine the optimal number of tie points for use in GPS observations. This study used two sample points with the Rapid static observation method for 30 minutes and static observations for 6 hours as points of comparison spread across the city of Bandar Lampung, namely the Heroes Cemetery, Tanjung Karang with the point names TMPR and Graha Mandala Alam, Kedaton with the point names GMAR. The GPS network studied in this study is included in the classification of long baseline GPS nets, with a baseline length of 48 km to 149 km. The tie points used are 4 Ina-CORS stations spread across Lampung Province, namely CORS CBKA, CORS CKRI, CORS CBJY, CORS CWJP. The scheme carried out in this study for 1 tie point using CORS CBKA, 2 points CORS CBKA and CKRI tie-ins, 3 tie points CORS CBKA, CKRI, and CBJY, 4 tie points CORS CBKA, CKRI, CBJY, and CWJP data that has been collected will be processed with GAMIT TRACK software. The results of the 30-minute rapid static processing will be tested for accuracy against the point of comparison or the point that is considered correct, namely 6-hour static using RMSE. The results of the accuracy of the position accuracy of rapid static 30 minutes at two sample points TMPR and GMAR with 1 tie point got an accuracy of 7.6 cm and 7.7 cm, with 2 tie points got an accuracy of 7.5 cm and 7.3 cm, with 3 points tie gets an accuracy of 6.5 cm and 6.2 cm, with 4 tie points gets an accuracy of 6.3 cm and 5.9 cm. From the results of this study the authors recommend that if there is an option of only using 1 tie point to 4 tie points then, 3 tie points are enough to get good accuracy.

Keywords: Number of tie points, Rapid static, Baseline, CORS, GAMIT TRACK

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

Oleh

ILZAM FAZLI

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
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : PENGARUH JUMLAH TITIK IKAT PADA
PENGAMATAN GPS METODE *RAPID STATIC*
LONG BASELINE DENGAN PENGOLAHAN
MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK
GAMIT TRACK.

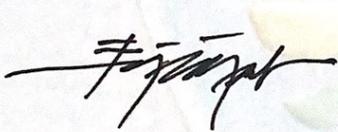
Nama Mahasiswa : **Ilzam Fazli**
Nomor Pokok Mahasiswa : 1715013018
Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

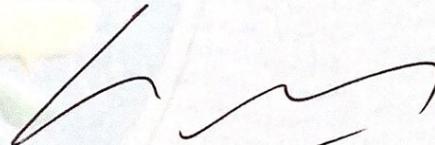
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2



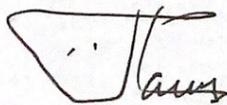
Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.
NIP. 19720302 200604 1 002



Eko Rahmadi, S.T., M.T.
NIP. 19710210 200501 1 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika



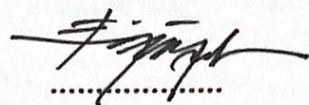
Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM
NIP 19641012 199203 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

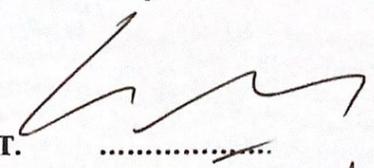
Ketua

: 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 Helmy Fitriawan, S. T., M.Sc.

NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 25 Juli 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya Ilzam Fazli, NPM 1715013018, dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam skripsi yang berjudul **“PENGARUH JUMLAH TITIK IKAT PADA PENGAMATAN GPS METODE *RAPID STATIC LONG BASELINE* DENGAN PENGOLAHAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK GAMIT TRACK”** adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Dosen Pembimbing pertama yaitu Dr. Fajriyanto, S.T., M.T. dan Dosen Pembimbing kedua yaitu Eko Rahmadi, S.T., M.T., berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Skripsi ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil masukkan dari beberapa sumber lain (buku, jurnal, dan lain-lain) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 25 Juli 2023
Yang membuat pernyataan



ILZAM FAZLI

NPM 1715013018

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Ilzam Fazli dilahirkan di desa kecil tepatnya desa Kemantan, Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi pada tanggal 06 Mei 1999, sebagai anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Armen dan Ibu Reniati. Jenjang Akademis penulis dimulai dengan menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-kanak Nurul huda di Kerinci , Jambi pada tahun 2005. Sekolah Dasar di SDN 197 Desa Kemantan, Kecamatan Air Hangat Timur, Kabupaten Kerinci diselesaikan pada tahun 2011. Sekolah Menengah Pertama di SMPN 26 Kabupaten Kerinci pada tahun 2014. Sekolah Menengah Atas di SMAN 4 Kota Sungai Penuh pada tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program S1 Teknik Geodesi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN penulis juga memenuhi syarat sebagai Mahasiswa yang berhak menerima bantuan pemerintah melalui beasiswa bidikimisi. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Anggota Departemen Multimedia dan Informasi dalam Himpunan Mahasiswa Geodesi (HIMAGES) Universitas Lampung, penulis melaksanakan Kerja Praktik di Badan Pertanahan Nasional yang berada di Kabupaten Pesawaran dengan tema **“Digitalisasi Surat Ukur Desa Sanggi Kecamatan Padang Cermin Kabupaten”**. Lalu penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Mandiri di Kelurahan Kampung baru, Kecamatan Kedaton, Kota bandar lampung selama 40 hari periode Februari-Maret 2021

PERSEMBAHAN

Allhamdulillahirabbal' alamin

Puji syukur kupanjatkan kepada Allah SWT dan atas dukungan dan do'a dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu dengan rasa syukur dan bahagia saya persembahkan skripsi ini kepada :

“Ayahanda tercinta yang sangat mengimpikan anaknya mendapat gelar Sarjana Teknik, ini adalah baru awal ayahanda bisa tersenyum, kedepan nya ayahanda akan tersenyum sekaligus bangga melihat sinar ananda yang begitu terang bahkan melebihi sinar mentari, semoga ayahanda masih sehat wal affiat ketika hari itu terjadi amiiin”

MOTTO

“Semakin kamu menyukai dirimu, semakin sedikit kamu seperti orang lain, itulah yang membuat kamu unik.”

Walt Disney

"Jika Anda terluka oleh hal eksternal apa pun, bukan hal ini yang mengganggu Anda, tetapi penilaian Anda sendiri tentang hal itu. Dan Anda memiliki kekuatan untuk menghapus penilaian itu kapan saja."

Marcus Aurelius

SANWACANA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**PENGARUH JUMLAH TITIK IKAT PADA PENGAMATAN GPS METODE *RAPID STATIC LONG BASELINE* DENGAN PENGOLAHAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK GAMIT TRACK**” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih yang begitu tulus atas segala bantuan, bimbingan, dan keberadaan yang selalu diberikan ke beberapa pihak yang turut membantu menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM, selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dengan segala keikhlasan dan kesabarannya, serta memberikan motivasi, kritik dan saran yang dapat membangun dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan banyak bimbingan, masukan serta saran yang dapat membangun dalam proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji yang telah membantu dalam memberikan masukan, saran dan juga kritik mengenai penelitian skripsi ini.
6. Seluruh Dosen dan Staff Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika yang telah memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga selama menuntut ilmu

di Gedung Teknik Geodesi. Terkhusus untuk kedua orang tuaku, Bapak Armen dan Ibu Reniati serta Adikku Shifa Maulidya dan, tidak lupa seluruh keluarga besar yang telah memberikan semangat, dukungan, motivasi dan kasih sayang yang tulus serta do'a yang tiada henti.

7. Keluarga besar kakek, nenek, om, tante dan keponak-keponakan yang selalu memberikan dukungan serta doa untuk penulis.
8. Terima kasih untuk Ghifari Alfarizi orang yang telah banyak membantu saya dari semester satu sampai sekarang dan selalu mendorong saya untuk terus semangat selama perkuliahan ini dan juga saya mohon maaf karena telah banyak merepotkan saudara Ghifari selama saya kuliah di UNILA.
9. Terima kasih juga kepada bapak Prof. Ir. Hasanuddin Zainal Abidin, M.Sc., Ph.D. yang telah menulis buku "PENENTUAN POSISI DENGAN GPS DAN APLIKASINYA" dari buku tersebut saya banyak terbantu dalam menyelesaikan skripsi saya ini.
10. Teman teman seperjuangan S1 Teknik Geodesi dan Geomatika 2017 (Giovani, Sekar, Rasta, Angel, Mia, Iqbal Adi, Ngesti, Okta, Erin, Angga, Thomas, Indah, Micco, Ilzam, Ananda, Nicolas, Natayya, Gandi, Intan, Ikhbal Yesa, Hidayatus, Aji, Ilyas, Dewi, Malinda, Deferson, Sidiq, Aqila, Ane, Deni). Terima kasih atas saran, kritik dan motivasi yang kalian berikan selama masa-masa kuliah ini.
11. Keluarga Besar D3 Teknik Survey Pemetaan angkatan 2017 yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dan menyemangati selama proses perkuliahan.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan bantuan, dukungan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.

Bandar Lampung, 25 Juli 2023

Hormat Penulis,

Ilzam Fazli

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|------------|
| DAFTAR ISI | i |
| DAFTAR GAMBAR | iii |
| DAFTAR TABEL | v |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3. Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4. Manfaat Penelitian..... | 4 |
| 1.5. Ruang Lingkup Penelitian | 4 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1. Penelitian Terdahulu..... | 5 |
| 2.2. GNSS (<i>Global Navigation Satellite System</i>) | 6 |
| 2.3. GPS (<i>Global Positioning System</i>) | 7 |
| 2.4. Ina-CORS (<i>Indonesian Continuously Operating Reference Station</i>)..... | 8 |
| 2.5. <i>RAPID STATIC</i> (Statik singkat) | 10 |
| 2.6. GAMIT TRACK | 11 |
| 2.7. GAMIT GLOBK | 13 |
| 2.8. Karakteristik <i>Baseline</i> | 14 |
| 2.9. TEQC (<i>Translation, Editing, Quality, Checking</i>) | 16 |
| 2.10 Uji Akurasi Posisi..... | 18 |
| 2.11 Uji Beda..... | 19 |
| III. METODOLOGI PENELITIAN | 20 |
| 3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian..... | 20 |
| 3.2. Diagram Alir Penelitian..... | 22 |
| 3.3. Tahap Persiapan..... | 24 |
| 3.3.1. Studi Literatur..... | 24 |
| 3.3.2. Persiapan Alat dan Bahan..... | 24 |
| 3.4. Pengolahan Data | 27 |
| 3.4.1. Konversi Raw Data Pengamatan | 27 |
| 3.4.2. Pengecekan Kualitas Data Pengamatan Dengan TEQC..... | 27 |
| 3.4.3. Pengolahan Data Pengamatan Dengan GAMIT TRACK..... | 27 |
| 3.4.4. Pengolahan Data Perbandingan Dengan GAMIT GLOBK | 31 |
| 3.4.5. Transformasi Koordinat ke UTM..... | 34 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 3.5. | Analisa Hasil Koordinat Pengolahan..... | 34 |
| 3.5.1. | Perhitungan Nilai Selisih koordinat | 35 |
| 3.5.2. | Perhitungan Akurasi Posisi | 36 |
| 3.6. | Uji Beda..... | 36 |
| IV. | HASIL DAN PEMBAHASAN | 38 |
| 4.1. | Hasil Kualitas Data Dengan TEQC | 38 |
| 4.2. | Hasil Pengolahan Data..... | 39 |
| 4.2.1. | Hasil Pengolahan Data Pengamatan <i>rapid static</i> 30 menit dengan GAMIT TRACK..... | 39 |
| 4.2.2. | Hasil Pengolahan Data Pembanding statik 6 jam Dengan GAMIT GLOBK | 53 |
| 4.3. | Analisa Hasil Koordinat | 54 |
| 4.3.1. | Hasil Perhitungan Selisih Koordinat Hasil Pengolahan GAMIT TRACK Terhadap Titik Banding. | 54 |
| 4.3.2. | Hasil Uji Akurasi Posisi | 61 |
| 4.4. | Hasil Uji Beda | 64 |
| V. | PENUTUP..... | 65 |
| 5.1. | Kesimpulan..... | 65 |
| 5.2. | Saran | 66 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 67 |
| | LAMPIRAN A..... | 69 |
| | LAMPIRAN B | 86 |
| | LAMPIRAN C..... | 111 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| 1. Persebaran stasiun Ina-CORS | 9 |
| 2. Metode pengukuran statik yang dipadukan dengan statik singkat..... | 11 |
| 3. <i>Baseline</i> dalam pengukuran GPS | 15 |
| 4. Gambar informasi kualitas data <i>rinex</i> | 17 |
| 5. lokasi titik pengamatan | 20 |
| 6 Diagram Alir Penelitian | 23 |
| 7. Persebaran Stasiun Ina-CORS yang digunakan dalam penelitian | 26 |
| 8. Lokasi satu titik ikat stasiun Ina-CORS CBKA..... | 29 |
| 9. Sebaran dua titik ikat stasiun Ina-CORS CBKA dan CKRI. | 29 |
| 10. Sebaran tiga titik ikat stasiun Ina-CORS CBKA, CKRI dan CBJY. | 30 |
| 11. Sebaran 4 titik ikat stasiun Ina-CORS CBKA, CKRI, CBJY dan CWJP. | 30 |
| 12. Contoh <i>Output file</i> (*.LC) pengolahan GAMIT TRACK..... | 39 |
| 13. Hasil plot koordinat TMPR 1 titik ikat | 41 |
| 14. Hasil plot koordinat GMAR 1 titik ikat | 42 |
| 15. Hasil plot koordinat TMPR 2 titik ikat | 44 |
| 16. Hasil plot koordinat GMAR 2 titik ikat | 45 |
| 17. Hasil plot koordinat TMPR 3 titik ikat | 47 |
| 18. Hasil plot koordinat GMAR 3 titik ikat | 48 |
| 19. Hasil plot koordinat TMPR 4 titik ikat | 50 |
| 20. Hasil plot koordinat GMAR 4 titik ikat | 52 |
| 21. Grafik selisih koordinat hasil pengolahan GAMIT TRACK titik TMPR menggunakan 1 titik ikat..... | 55 |
| 22. Grafik selisih koordinat hasil pengolahan GAMIT TRACK titik GMAR menggunakan 1 titik ikat..... | 55 |
| 23. Grafik selisih koordinat hasil pengolahan GAMIT TRACK titik TMPR menggunakan 2 titik ikat..... | 56 |
| 24. Grafik selisih koordinat hasil pengolahan GAMIT TRACK titik GMAR menggunakan 2 titik ikat..... | 57 |
| 25. Grafik selisih koordinat hasil pengolahan GAMIT TRACK titik TMPR menggunakan 3 titik ikat..... | 58 |

| | |
|---|-----|
| 26. Grafik selisih koordinat hasil pengolahan GAMIT TRACK titik GMAR menggunakan 3 titik ikat..... | 58 |
| 27. Grafik selisih koordinat hasil pengolahan GAMIT TRACK titik TMPR menggunakan 4 titik ikat..... | 59 |
| 28. Grafik selisih koordinat hasil pengolahan GAMIT TRACK titik GMAR menggunakan 4 titik ikat..... | 60 |
| 29. Grafik Akurasi posisi titik TMPR dan GMAR | 63 |
| 30. Dokumentasi Kegiatan | 112 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 1. Penelitian Terdahulu | 5 |
| 2. Koordinat stasiun Ina-CORS..... | 9 |
| 3. Nilai kualitas data <i>Rapid static</i> 30 menit | 38 |
| 4. Nilai kualitas data Statik 6 jam | 38 |
| 5. <i>Output file</i> (*.LC) pengolahan GAMIT TRACK TMPR 1 titik ikat | 40 |
| 6. <i>Output file</i> (*.LC) pengolahan GAMIT TRACK GMAR 1 titik ikat | 42 |
| 7. <i>Output file</i> (*.LC) pengolahan GAMIT TRACK TMPR 2 titik ikat | 43 |
| 8. <i>Output file</i> (*.LC) pengolahan GAMIT TRACK GMAR 2 titik ikat | 45 |
| 9. <i>Output file</i> (*.LC) pengolahan GAMIT TRACK TMPR 3 titik ikat | 46 |
| 10. <i>Output file</i> (*.LC) pengolahan GAMIT TRACK GMAR 3 titik ikat | 48 |
| 11. <i>Output file</i> (*.LC) pengolahan GAMIT TRACK TMPR 4 titik ikat | 50 |
| 12. <i>Output file</i> (*.LC) pengolahan GAMIT TRACK GMAR 4 titik ikat | 51 |
| 13. Nilai Koordinat TMPS dan GMAS hasil pengolahan GAMIT GLOBK..... | 53 |
| 14. Perhitungan akurasi posisi titik TMPR terhadap titik TMPS..... | 61 |
| 15. Perhitungan akurasi posisi titik GMAR terhadap titik GMAS | 62 |
| 16. Hasil uji beda..... | 64 |
| 17. Data <i>output</i> pengolahan GAMIT TRACK pada titik TMPR 1 titik ikat..... | 70 |
| 18. Data <i>output</i> pengolahan GAMIT TRACK pada titik TMPR 2 titik ikat..... | 72 |
| 19. Data <i>output</i> pengolahan GAMIT TRACK pada titik TMPR 3 titik ikat..... | 74 |
| 20. Data <i>output</i> pengolahan GAMIT TRACK pada titik TMPR 4 titik ikat..... | 76 |
| 21. Data <i>output</i> pengolahan GAMIT TRACK pada titik GMAR 1 titik ikat | 78 |
| 22. Data <i>output</i> pengolahan GAMIT TRACK pada titik GMAR 2 titik ikat | 80 |
| 23. Data <i>output</i> pengolahan GAMIT TRACK pada titik GMAR 3 titik ikat | 82 |
| 24. Data <i>output</i> pengolahan GAMIT TRACK pada titik GMAR 4 titik ikat | 84 |
| 25. Hasil perhitungan akurasi posisi pada titik TMPR 1 titik ikat..... | 87 |
| 26. Hasil perhitungan akurasi posisi pada titik TMPR 2 titik ikat..... | 90 |
| 27. Hasil perhitungan akurasi posisi pada titik TMPR 3 titik ikat..... | 93 |
| 28. Hasil perhitungan akurasi posisi pada titik TMPR 4 titik ikat..... | 96 |
| 29. Hasil perhitungan akurasi posisi pada titik GMAR 1 titik ikat..... | 99 |
| 30. Hasil perhitungan akurasi posisi pada titik GMAR 2 titik ikat..... | 102 |
| 31. Hasil perhitungan akurasi posisi pada titik GMAR 3 titik ikat..... | 105 |
| 32. Hasil perhitungan akurasi posisi pada titik GMAR 4 titik ikat..... | 108 |

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) adalah sistem satelit global yang menyediakan layanan pemosisian, navigasi, dan sinkronisasi waktu kepada pengguna di seluruh dunia. GNSS terkenal yang ada saat ini meliputi GPS (*Global Positioning System*) yang dioperasikan oleh Amerika Serikat, GLONASS yang dikembangkan oleh Rusia, Galileo yang merupakan sistem GNSS Eropa, BeiDou yang dikembangkan oleh China. Sistem GNSS yang paling sering digunakan adalah GPS (*Global Positioning System*). GPS awalnya dikembangkan untuk keperluan militer, tetapi kemudian diperluas untuk digunakan oleh masyarakat umum.

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 (orde nol) 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 permasalahan utama dalam penentuan posisi. GPS didesain untuk memberikan informasi waktu dan posisi secara kontinu di seluruh dunia. GPS adalah metode pengukuran ekstra terestrial yaitu penentuan posisi dengan pengamatan dan pengukuran terhadap satelit atau benda angkasa lainnya.

Pada pengukuran GPS terdapat beberapa metode yang populer salah satunya *Rapid static*. Statik singkat atau juga sering di sebut 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 juga membutuhkan *software* ilmiah. (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 di gunakan 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 maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui selisih koordinat dari berbagai jumlah titik ikat yang digunakan terhadap titik banding.
2. Mengetahui akurasi posisi yang di dapatkan pada pengamatan metode *rapid static* dengan *long baseline*.
3. Mengetahui signifikansi perbedaan ketelitian koordinat yang di hasilkan pada penggunaan jumlah titik ikat dalam pengamatan GPS menggunakan metode *rapid static long baseline* menggunakan GAMIT TRACK.

1.4. Manfaat Penelitian

Penulis berharap dengan dilakukan penelitian ini dapat memberikan referensi untuk berbagai kalangan pengguna GPS dapat membantu menentukan jumlah titik ikat yang optimal untuk digunakan dalam pengamatan GPS. Dengan menggunakan jumlah titik ikat yang tepat, pengamatan GPS dapat menjadi lebih efisien dan dapat membantu menghemat waktu dan biaya.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian ini dilakukan di sekitar wilayah Taman Makam Pahlawan dan Graha Mandala Alam.
2. Perekaman titik pengamatan TMPR dan GMAR metode *rapid static* dilakukan dengan interval per 30 detik selama 30 menit.
3. Perekaman titik banding TMPS dan GMAS dengan metode statik selama 6 jam dan interval per 30 detik.
4. Pengolahan data titik pengamatan ini diikatkan ke Ina-CORS yang tersebar di Provinsi Lampung.
5. Menggunakan 4 titik ikat Ina-CORS antara lain adalah CBKA (Pesisir Jawa, Bengkunt), CKRI (Kampung Jawa, Pesisir Tengah), CBJY (Bandar Jaya Timur, Terbanggi Besar), CWJP (Braja Sakti, Way Jepara)
6. Pengecekan kualitas data RINEX dan pemotongan data menggunakan program *teqc.exe*.
7. Pengolahan menggunakan perangkat lunak GAMIT 10.7 TRACK.
8. Analisa koordinat titik pengamatan dari berbagai jumlah titik ikat yang digunakan 1 titik ikat, 2 titik ikat, 3 titik ikat dan, 4 titik ikat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan menggunakan pustaka yang diperoleh dari jurnal-jurnal penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang berkaitan. Berikut adalah penelitian yang dijadikan referensi dalam penelitian.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

| No | Peneliti dan Judul Penelitian | Metode | Hasil |
|----|--|---|---|
| 1 | Bambang Rudianto (2013). Pengaruh Penambahan Jumlah Titik Ikat terhadap Peningkatan Ketelitian Posisi Titik pada Survei GPS | Metode diferensial statik dengan lama pengamatan kurang lebih 4 jam | 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. |
| 2 | Hassanudin Z. Abidin dan Fajar T. Mugiarto (2000). Pengaruh Geometri Jaringan Terhadap Ketelitian Survey GPS | Menggunakan parameter-parameter geometri jaringan seperti jumlah dan distribusi dari titik tetap, jumlah cabang dalam jaringan serta konektivitas titik-titiknya. | Pada suatu survei GPS, secara umum parameter-parameter geometri jaringan seperti jumlah dan distribusi dari titik tetap, jumlah cabang dalam jaringan serta konektivitas titik-titiknya, akan mempengaruhi tidak hanya nilai koordinat dari titik-titik dalam jaringan tapi juga tingkat ketelitiannya. |
| 3 | Fahmi Arlis Purnama (2022). Studi Ketelitian Hasil Pengolahan Data Pengamatan GNSS Metode | Menggunakan Metode Kinematik untuk mengetahui apa saja faktor yang mempengaruhi kepresisian alat dalam | Secara teori bahwa jarak <i>baseline</i> yang lebih dekat memiliki nilai <i>RMS error</i> yang lebih kecil di bandingkan <i>baseline</i> yang lebih jauh. Untuk perbedaan |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | Kinematik Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT TRACK | pengamatan seperti problem Panjang <i>baseline</i> , serta perbedaan hasil data dalam menggunakan <i>single base</i> dan <i>dual base</i> | hasil perhitungan <i>single base</i> dan <i>dual base</i> tidak terjadi perbedaan yang signifikan dan dapat dikatakan masih sama nilai <i>RMS error</i> nya. |
| 4 | Lu bo, Jin Jian-ping, Duan Wen-yi, Chen Liang-jin, Guan Hong-ye (2012). <i>Research of GPS Signal Multipath Effect Based on GAMIT TRACK</i> | <i>In GAMIT TRACK the key point to generate a single epoch coordinate series is the configuration of the track command file</i> | <i>This article introduces the single epoch kinematic positioning of GAMIT TRACK to the study of GPS multipath effects.</i> |
| 5 | Pengaruh jumlah titik ikat pada pengamatan GPS metode Rapid Static Long Baseline menggunakan GAMIT TRACK | Ilzam fazli (2023) | |

2.2. GNSS (Global Navigation Satellite System)

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang saat ini terdiri dari empat (4) sistem, yaitu: *Global Positioning System* (GPS) yang dikelola oleh pemerintah Amerika Serikat, *Global Navigation Satellite System* (GLONASS) yang dikelola oleh pemerintah Rusia, BeiDoU yang dikelola oleh pemerintah Cina, dan Galileo yang dikelola oleh Uni Eropa. Sistem GNSS ini didesain untuk memeberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia tanpa bergantung pada waktu dan cuaca, kepada banyak orang secara simultan. (Abidin,2021)

Pada saat ini, Sistem GPS merupakan sistem GNSS yang paling populer dan paling banyak digunakan untuk penentuan posisi dalam berbagai aplikasi, di samping sistem satelit navigasi GLONASS, BeiDoU, dan Galileo. Di Indonesia pun, sistem GPS ini sudah sejak awal sifatnya rekreatif sampai yang bersifat keilmuan. Di samping itu

karena hampir semua telepon genggam saat ini juga dilengkapi dengan perangkat GPS, pemanfaatannya untuk berbagai aplikasi publik dan kemasyarakatan juga semakin marak.

2.3. GPS (*Global Positioning System*)

GPS (*Global Positioning System*) merupakan sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit. GPS memiliki nama formal NAVSTAR GPS yang merupakan kependekan dari *NAVigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*. Pada dasarnya GPS (*Global Positioning System*) terdiri dari tiga segmen utama, yakni segmen angkasa (*space segment*) yang terdiri atas satelit-satelit GPS, segmen sistem kontrol (*control system segment*) yang terdiri atas stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit, dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri atas pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal dan data GPS (El-Rabbany, 2002). GPS adalah sistem GNSS pertama dan, sampai hari ini adalah satu-satunya yang beroperasi penuh. GPS dulu diluncurkan pada akhir 1970-an oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat. Sekarang menggunakan antara 24 dan 32 satelit, dan menyediakan cakupan global (Jeffrey, 2010). GPS telah memberikan dampak yang cukup besar pada hampir semua aplikasi penentuan posisi, navigasi, pengaturan waktu, dan pemantauan. GPS memberikan sinyal satelit berkode khusus yang dapat diproses oleh penerima GPS, dan memungkinkan penerima untuk memperkirakan posisi, kecepatan dan waktu. Ada empat sinyal satelit GPS yang digunakan untuk menghitung posisi dalam tiga dimensi dan waktu *offset* di jam penerima. GPS terdiri dari tiga komponen utama yakni, segmen luar angkasa yaitu sistem terdiri dari satelit GPS, segmen kontrol yang terdiri dari sistem stasiun pelacakan yang terletak di seluruh dunia, segmen pengguna yang terdiri dari penerima GPS dan komunitas pengguna. GPS (*Global Positioning System*) memiliki beberapa kelebihan antara lain,

1. Dapat digunakan setiap saat tanpa bergantung waktu dan cuaca
2. Satelit GPS mempunyai ketinggian orbit yang tinggi dan jumlahnya relatif banyak, sehingga dapat meliputi wilayah yang cukup luas

3. Penggunaan GPS dalam penentuan posisi relatif tidak terpengaruh kondisi topografis
4. GPS dapat memberikan ketelitian posisi yang spektrumnya cukup luas (orde milimeter – orde puluhan meter).

2.4. Ina-CORS (*Indonesian Continuously Operating Reference Station*)

Ina-CORS (*Indonesia Continuously Operating Reference Station*) adalah jaringan kendali geodetik yang beroperasi di Indonesia sebagai stasiun GNSS (*Global Navigation Satellite System*) permanen di permukaan bumi dilengkapi dengan perekam sinyal satelit GNSS, antena, dan sistem komunikasi data. Menurut peraturan resmi BIG No. 13 Tahun 2021, CORS didefinisikan sebagai titik kontrol geodetik kontinu, dimana pengamatan posisi dilakukan dengan *receiver* GNSS geodetik. Stasiun ini dapat menerima sinyal dari satelit GNSS secara terus menerus 24 jam sehari dan dapat memberikan layanan koreksi posisi bagi pengguna. Selama penerapannya, pengguna dapat menggunakan Ina-CORS untuk berbagai kebutuhan yang berbeda, dari praktis hingga ilmiah. Dalam penggunaan praktis, Ina-CORS dapat digunakan untuk survei, pemetaan dan bahkan untuk tujuan navigasi presisi. Secara ilmiah, Ina-CORS dapat digunakan untuk menjaga tingkat akurasi dan presisi dari kerangka dasar geodesi yang telah dikembangkan untuk mendukung penyelenggaraan kerangka referensi pemetaan nasional yang akurat dan penyelenggaraan pemetaan dasar. Selain itu, Ina-CORS juga dapat digunakan untuk melacak pergerakan lempeng bumi, mempelajari geodinamika, mempelajari atmosfer, ionosfer, serta gempa dan tsunami. pertengahan tahun 2021, BIG telah membangun sebanyak 245 stasiun CORS yang tersebar diseluruh Indonesia dan 10 stasiun tersebar di Provinsi Lampung dan di antaranya ada 4 stasiun Ina-CORS yang digunakan sebagai titik ikat pada penelitian ini yaitu stasiun Ina-CORS CBKA yang berada di Braja sakti, Way jepara, Kab. Lampung Timur memiliki *receiver* tipe TRIMBLE ALLOY, stasiun ina-CORS CKRI yang berada di Kampung Jawa, Pesisir Tengah, Kab. Pesisir Barat memiliki *receiver* tipe LEICA GR10, stasiun Ina-CORS CBJY yang berada di Bandar Jaya Timur, Terbanggi Besar, Kab. Lampung Tengah memiliki *receiver* tipe TRIMBLE ALLOY,

dan stasiun ina-CORS CWJP yang berada di Braja Sakti, Way Jepara, Kab. Lampung Timur memiliki *receiver* tipe TRIMBLE NETR9.

Ina-CORS tersebut menggunakan sistem koordinat SRGI 2013 *epoch* 2012.0. koordinat ina-CORS CBKA, CKRI, CBJY, dan CWJP, bisa dilihat pada tabel 2. Data GPS dari tiap-tiap stasiun ina-CORS BIG tersebut dapat diunduh secara gratis dalam format RINEX pada situs <https://srgi.big.go.id/>.



Gambar 1. Persebaran stasiun Ina-CORS
(Sumber: <https://srgi.big.go.id/jkg-active#>)

Tabel 2. Koordinat stasiun Ina-CORS

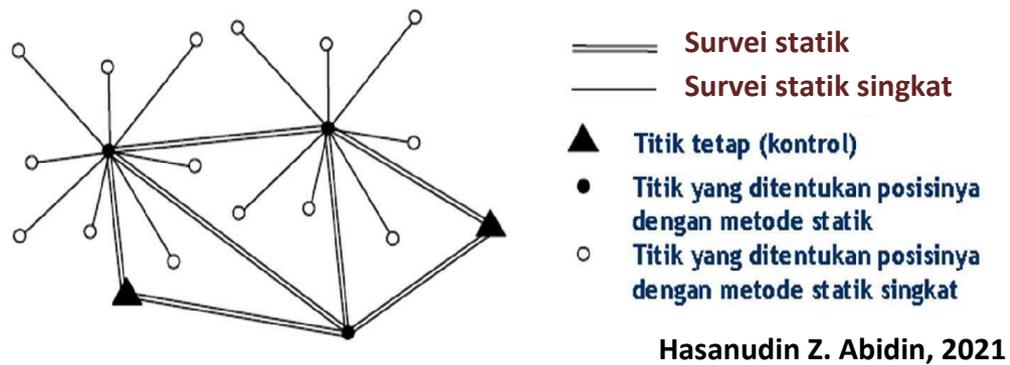
| Ina-CORS | Koordinat Kartesian 3D (m) | | |
|----------|----------------------------|-----------------|---------------|
| | X | Y | Z |
| CBKA | -1.568.573,7420 | 6.150.687,9000 | -621.935,6020 |
| CKRI | -1.529.277,4590 | 6.165.276,9280 | -573.789,9370 |
| CBJY | -1.667.786,6220 | 6.131.800,5120 | -546.732,7160 |
| CWJP | -1.719.604,3920 | 6.115.177,5960 | -571.373,7080 |
| Ina-CORS | Koordinat UTM (m) | | |
| | <i>EASTING</i> | <i>NORTHING</i> | <i>Height</i> |
| CBKA | 423.237,902 | 9.377.266,031 | 12,874 |
| CKRI | 381.511,491 | 9.425.553,537 | 11,876 |
| CBJY | 523.921,777 | 9.452.806,829 | 61,879 |
| CWJP | 578.258,091 | 9.428.037,620 | 37,060 |

2.5. *RAPID STATIC* (Statik singkat)

Metode penentuan posisi dengan survei *rapid static* (statik singkat) pada dasarnya adalah survei statik dengan waktu pengantaran per titik yang lebih singkat, yaitu umumnya 5-20 menit ketimbang 1-2 jam. Prosedur operasional lapangan dari survei *rapid static* ini adalah sama seperti dengan survei statik, hanya selang waktu pengamatannya yang lebih singkat. Untuk merealisasikan hal tersebut, metode *rapid static* ini sangat bertumpu pada proses penentuan ambiguitas fase secara cepat. Seandainya ambiguitas fase dapat di tentukan dengan benar, maka ketelitian (relatif) posisi titik yang di peroleh adalah dalam orde centimeter. Untuk itu, di samping memerlukan perangkat lunak yang andal dan canggih, metode *rapid static* ini juga memerlukan geometri pengamatan yang baik, tingkat residu kesalahan dan bias yang relatif rendah, serta lingkungan pengamatan yang relatif tidak menimbulkan *multipath*. Dalam hal ini, penggunaan data multi-frekuensi (L1, L2, dan L5) juga akan meningkatkan kualitas dan kinerja survei *rapid static*. Seandainya *receiver* GPS yang digunakan juga dapat mengamati satelit GNSS lainnya (GLONASS, Galileo, dan Beidou), maka secara teoretis waktu yang diperlukan oleh sruvei *rapid static* untuk mencapai ketelitian dalam orde cm juga akan menjadi lebih cepat. (Abidin, 2021)

Kalau metode *rapid static* dibandingkan dengan metode statik dalam penentuan posisi, maka ada beberapa hal yang perlu dicatat yaitu:

- a. Survei *rapid static* memiliki tingkat produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan survei statik, karena waktu pengamatan satu sesi relatif lebih singkat.
- b. Metode survei *rapid static* mempunyai kekurangan dalam hal ketelitian posisi dibanding metode survei statik.
- c. Metode survei *rapid static* umumnya memerlukan *receiver* GPS serta piranti lunak pemroses data yang lebih canggih dan lebih modern.
- d. Karena harus memastikan penentuan ambuguitas fase secara benar dengan data pengamatan yang relative lebih sedikit, metode survei *rapid static* relatif 'kurang fleksibel' dalam hal spesifikasi pengamatan dibandingkan metode survei statik.
- e. Metode survei *rapid static* relatif lebih rentan terhadap efek dari kesalahan dan bias.



Gambar 2. Metode pengukuran statik yang dipadukan dengan statik singkat (Hasanuddin Z. Abidin, 2021)

2.6. GAMIT TRACK

GAMIT (*GPS Analysis Massachusetts Institute of Technology*) dan GLOBK (*Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program*) adalah perangkat lunak ilmiah dan *open source* berdasarkan platform UNIX/LINUX. GAMIT adalah paket *software* ilmiah yang dirilis oleh *Harvard University*, *Scripps Institution of Oceanography* (SIO) dan *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) didukung oleh *National Science Foundation* untuk memproses data pengamatan GPS untuk analisis, yakni memperkirakan koordinat stasiun, fungsi pasca *seismik* dalam deformasi, orbit satelit, percepatan, parameter dalam orientasi bumi serta *atmospheric delay*. *Software* ini didapatkan tanpa persetujuan tertulis ataupun royalti dari universitas maupun instansi pemerintahan dengan maksud non-komersial. *Software* ini bisa mendapatkan orbit satelit, parameter untuk orientasi bumi, serta posisi relatif 3D oleh pengguna untuk menghasilkan tingkat akurasi tinggi dikarenakan data yang dipakai bukan hanya data dari *broadcast ephemeris*, namun juga menggunakan data *precise ephemeris*. GAMIT TRACK merupakan produk baru dari perangkat lunak GAMIT dimana 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*, GAMIT TRACK menggunakan algoritma *Melbourne-Wubben Wide Lane*

(MW-WL) untuk mengatasi ambiguitas fase dari *channel* (L1-L2) secara terpisah. (Floyd, 2017).

$$MW - WL = \phi_1 - \phi_2 - \frac{(f_1 - f_2)}{(f_1 + f_2)} \left[\frac{R_1 f_1}{c} + \frac{R_2 f_2}{c} \right] \dots \dots \dots (1)$$

Persamaan pada algoritma MW-WL, dimana $\frac{Rf}{c}$ adalah jarak dalam siklus (memperhatikan jumlah yang seharusnya untuk merubah tanda delay *ionosfer*). $\frac{\Delta f}{\Sigma f}$ adalah rentang *noise* yang dikurangi (Floyd, 2017).

Untuk memperoleh hasil yang bagus, pada TRACK suatu posisi diasumsikan sebagai fungsi dari waktu, yang mana akan sangat membantu dalam proses menyelesaikan masalah pembulatan nilai ambiguitas. 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.

$$track -f <command file> -d <day> -w <week> \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

-f : *Script track.cmd*

-d : DOY yang ingin diolah

-w : Data orbit IGS (SP3) yang berisikan koordinat tetap bumi.

Beberapa *function* yang dipakai dalam pembuatan *script* TRACK, diuraikan seperti berikut.

- a. *Obs_file* : Dimana pada '*Command*' ini dipergunakan untuk memberikan kode *input* pada setiap *file rinex* yang digunakan. Tipe 'F' diatur sebagai stasiun tetap (pos), sedangkan 'K' disini diatur sebagai stasiun pengamatan dilapangan (GPS Kinematik).
- b. *Nav_file* : Dimana pada '*Command*' ini dipergunakan untuk mendapatkan informasi orbit *file* '.SP3' yang sama dengan tanggal data *rinex* yang ingin diproses.
- c. *Mode_long* : Dimana pada '*Command*' ini dipergunakan untuk memberikan pengaturan panjang data yang ingin diproses

- d. *Site_pos* : Dimana pada ‘*Command*’ ini dipergunakan untuk memasukkan setiap koordinat apriori pada stasiun pengamatan yang digunakan.
- e. *Sum_file* : Dimana pada ‘*Command*’ ini dipergunakan untuk menghasilkan *file* ringkasan ketika saat dalam proses pengolahan dilakukan.
- f. *Res_root* : Dimana pada ‘*Command*’ ini dipergunakan untuk menghasilkan *file* ‘.LC’ yang mana pada saat proses *plotting* data inilah yang dibutuhkan untuk bisa melakukan proses *plotting time series*.
- g. *Out_type.NEU* : Dimana pada ‘*Command*’ ini dipergunakan untuk memberikan spesifikasi jenis *output* yang akan dihasilkan.
- h. *Float_type* : Dimana pada ‘*Command*’ ini dipergunakan untuk memberikan spesifikasi batas nilai *ambiguitas*.

2.7 GAMIT GLOBK

GAMIT (*GPS Analysis Massachusset Institute of Technology*) dan GLOBK (*Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program*) adalah perangkat lunak ilmiah dan *open source* berdasarkan *platform* UNIX/LINUX. GAMIT adalah paket *software* ilmiah yang dirilis oleh *Harvard University*, *Scripps Institution of Oceanography* (SIO) dan *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) didukung oleh *National Science Foundation* untuk memproses data pengamatan GPS untuk analisis, yakni memperkirakan koordinat stasiun, fungsi pasca *seismik* dalam deformasi, orbit satelit, percepatan, parameter dalam orientasi bumi serta *atmospheric delay* (Herring dkk., 2018). *Software* ini didapatkan tanpa persetujuan tertulis ataupun royalti dari universitas maupun instansi pemerintahan dengan maksud non-komersial. *Software* ini bisa mendapatkan orbit satelit, parameter untuk orientasi bumi, serta posisi relatif 3 dimensi oleh pengguna untuk menghasilkan tingkat akurasi tinggi dikarenakan data yang dipakai bukan hanya data dari *broadcast ephemeris*, namun juga menggunakan data *precise ephemeris*.

GAMIT merupakan program yang berfungsi mempersiapkan data dalam pengolahan, menghasilkan orbit referensi dan nilai rotasi untuk satelit, interpolasi nilai waktu dan lokasi spesifik dari model atmosfer dan permodelan, menghitung pengamatan residual

dan turunan parsial dari model geometris, mendeteksi adanya *outlier* atau jeda dalam data, dan dapat melakukan analisis kuadrat terkecil (Herring dkk., 2018). GAMIT yaitu program yang memasukkan algoritma hitung kuadrat terkecil dengan parameter berbobot untuk mengestimasi posisi relatif dari sekumpulan stasiun, parameter orbit dan rotasi bumi, *zenith delay* dan ambiguitas fase melalui pengamatan *double difference*. GAMIT ini bisa *running* dengan masukan data RINEX, BRDC, IGS, dan *Tables*. Kelebihan dari *software* ini adalah bisa memasukkan data koreksi atmosfer, pasang surut laut, dan pemodelan cuaca. Pembobotan stasiun pengamatan, informasi stasiun, koordinat pendekatan, edit sesi pengamatan bisa dimasukkan dalam pengolahan data dengan *software* ilmiah ini. Hasil keluaran dari *Software* GAMIT berupa estimasi dan matrik kovarian dari posisi stasiun dan parameter orbit dan rotasi bumi yang kemudian dimasukkan pada GLOBK (Bahlefi dkk., 2013).

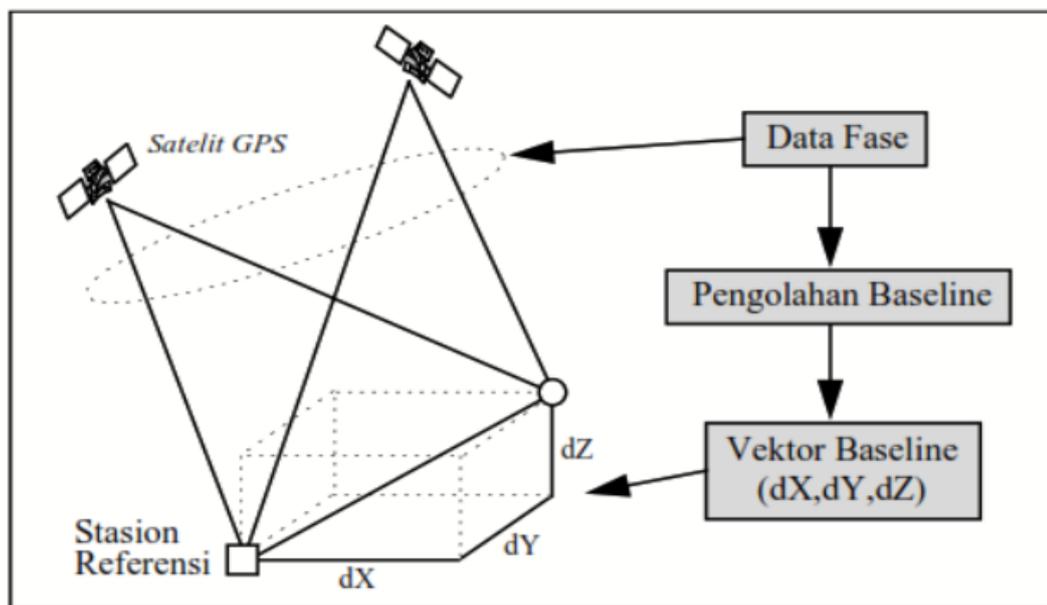
GLOBK adalah satu paket program yang dapat mengkombinasikan data survei terestris ataupun data survei ekstra terestris. Kunci dari data input pada GLOBK adalah matriks kovarian dari koordinat stasiun, parameter rotasi bumi, parameter orbit dan koordinat hasil pengamatan lapangan. GLOBK sendiri adalah kalman filter yang tujuan utamanya untuk mengkombinasikan solusi dari data yang telah diproses di GAMIT dengan pengamatan *space-geodesy* (geodetik ruang angkasa), sehingga didapat estimasi posisi dan kecepatannya (Nii, 2007).

2.8 Karakteristik *Baseline*

Menurut Standar Nasional Indonesia No. 19-6724-2002 Tentang Jaring Kontrol Horizontal, *baseline* adalah vektor koordinat relatif tiga dimensi (dX, dY, dZ) antar dua titik pengamatan. Pengolahan *baseline* pada dasarnya bertujuan menghitung komponen vektor *baseline* (dX, dY, dZ) menggunakan data fase sinyal GPS yang dikumpulkan pada dua titik ujung dari *baseline* yang bersangkutan.

Pada survei GPS konfigurasi jaringan *baseline* mempengaruhi ketelitian hasil pengukuran. Jumlah *baseline* yang terikat ke suatu titik merupakan salah satu faktor yang menentukan nilai kekuatan jaring (*strenght of figure*). Secara teoritik, semakin tinggi koneksitas titik dalam suatu jaring, maka semakin banyak jumlah *baseline* yang

terikat ke suatu titik. Dengan demikian nilai kekuatan jaring tersebut akan semakin baik. Secara umum dikenal dua jenis *baseline* yaitu *baseline trivial* dan *baseline bebas*. *Baseline trivial* adalah *baseline* yang dapat diturunkan dari *baseline* lainnya dari satu sesi pengamatan. Pada satu sesi pengamatan, jika ada n *receiver* yang beroperasi secara simultan maka akan ada $(n-1)$ *baseline* bebas. Set dari $(n-1)$ *baseline* bebas yang akan digunakan akan mempengaruhi kualitas dari posisi titik yang diperoleh karena semakin banyak *baseline* yang terlibat, nilai kekuatan jaring tersebut akan semakin baik.



Gambar 3. *Baseline* dalam pengukuran GPS (sumber : SNI, 19-6724-2002)

2.9 TEQC (*Translation, Editing, Quality, Checking*)

TEQC adalah program komprehensif yang digunakan sebelum pemrosesan data GPS salah satunya adalah untuk Quality checking data GPS dan/atau GLONASS (file observasi biner, BINEX atau RINEX, dengan atau tanpa file navigasi dengan ephemeris. Pengecekan data dilakukan untuk mengetahui waktu mulai dan berakhirnya sebuah pengamatan, nilai multipath yang terjadi, interval perekaman, total satelit, dan informasi lainnya yang mana dapat menggunakan *software* TEQC.

Berikut adalah hal-hal yang dapat dilakukan TEQC:

1. Mengkonversi data pengamatan dengan format asli biner tertentu (misalnya, format * .hcn) ke dalam format RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*).
2. Mengecek data RINEX apakah sudah 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
4. Memeriksa kualitas data RINEX yang valid.
5. Memotong jendela pengamatan, atau memotong data pengamatan menjadi dua atau lebih data RINEX.
6. Membuat data RINEX baru dengan interval sampel yang lebih panjang, misalnya dari 1 detik sampai 30 detik.

Adapun langkah-langkah dalam pengecekan kualitas data *rinex* dengan TEQC :

1. Mengcopy *software* TEQC dalam satu folder tempat penyimpanan raw data (format.YYo)
2. Membuka Command Prompt, dan menuliskan script sehingga masuk pada sub-folder tempat penyimpanan file berformat *.22o Script yang dituliskan adalah sebagai berikut: “D:\>CD D:\Ilzam\skirpsi\GPS\Kontrol Kualitas\”
3. Mengetikkan script untuk melakukan pengecekan kualitas data dengan format sebagai berikut: **teqc + qc <observation file>**
“D:\Ilzam\skripsi\GPS\Kontrol Kualitas>**teqc +qc gmar352.22o**”

4. Setelah di tekan enter, maka akan muncul data yang tertera pada Gambar 4. Pada gambar tersebut didapatkan nilai *multipath* data *rinex*.

```

Administrator: Command Pro
Time of end of window : 2022 Dec 18 09:29:30.000
Time line window length : 29.50 minute(s), ticked every 10.0 minute(s)
Observation interval : 30.0000 seconds
Total satellites w/ obs : 9
NAVSTAR GPS SVs w/o OBS : 2 5 6 7 10 11 12 13 14 15 16 17
                          18 19 20 23 24 25 26 28 29 30 32
Rx tracking capability : unknown
Poss. # of obs epochs : 60
Epochs w/ observations : 60
Epochs repeated : 0 (0.00%)
Complete observations : 466
Deleted observations : 0
Obs w/ SV duplication : 0 (within non-repeated epochs)
Moving average MP12 : 0.336375 m
Moving average MP21 : 0.291701 m
Points in MP moving avg : 50
Mean S1 : 42.61 (sd=3.91 n=466)
Mean S2 : 40.29 (sd=7.44 n=466)
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 000200
Report gap > than : 10.00 minute(s)
                    but < than : 90.00 minute(s)
epochs w/ msec clk slip : 0
other msec mp events : 0 (: 0) {expect ~= 1:50}
IOD signifying a slip : >400.0 cm/minute
IOD slips : 0
IOD or MP slips : 0
    first epoch  last epoch  sn1  sn2
SSN 22 12 18 09:00 22 12 18 09:29 42.61 40.29
    first epoch  last epoch  hrs  dt  #expt  #have  %  mp1  mp2  o/slps
SUM 22 12 18 09:00 22 12 18 09:29 .5000 30 - 466 - 0.34 0.29 466

C:\Users\kudok\Desktop\teqc_mugwe_64>

```

Gambar 4. Gambar informasi kualitas data *rinex*

2.10 Uji Akurasi Posisi

Standar pengujian akurasi posisi dapat dilihat pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang pedoman teknis ketelitian peta. 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 akurasinya 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):

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_n^i (X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}{n}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

RMSE : *Root Mean Square Error*

X₁ : 60 koordinat sumbu X *Rapid static* 30 menit (GAMIT TRACK)

X₂ : nilai koordinat sumbu X Statik 6 jam (GAMIT GLOBK)

Y₁ : 60 koordinat sumbu Y *Rapid static* 30 menit (GAMIT TRACK)

Y₂ : nilai koordinat sumbu Y Statik 6 jam (GAMIT GLOBK)

n : Jumlah data

2.11 Uji Beda

Uji signifikansi beda parameter digunakan untuk mengetahui apakah dari dua nilai yang diuji berbeda secara signifikan. Uji ini menggunakan uji t dengan derajat kebebasan, dan tingkat kepercayaan tertentu. Pengujian dilakukan dengan cara menghitung beda dua parameter dibagi dengan akar kuadrat masing-masing simpangan bakunya. Berikut model matematis yang digunakan (Soeprajogo, 2020).

$$t = \frac{\bar{x}_l - \bar{x}_u}{sp \sqrt{\frac{1}{n_l} + \frac{1}{n_u}}} \dots\dots\dots (4)$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

- t : Nilai t -hitung
- \bar{x}_l : Rata – rata data kelompok 1
- \bar{x}_u : Rata – rata data kelompok 2
- s_p : Standar deviasi gabungan
- s_1 : Standar deviasi data pengamatan kelompok 1
- s_2 : Standar deviasi data pengamatan kelompok 2
- n_1 : Banyak data pengamatan kelompok 1
- n_2 : Banyak data pengamatan kelompok 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.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu 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 Graha Mandala Alam, Kedaton. Pengambilan data dilakukan dengan metode *rapid static* dengan lama perekaman 30 menit, dan metode statik dengan lama perekaman 6 jam.



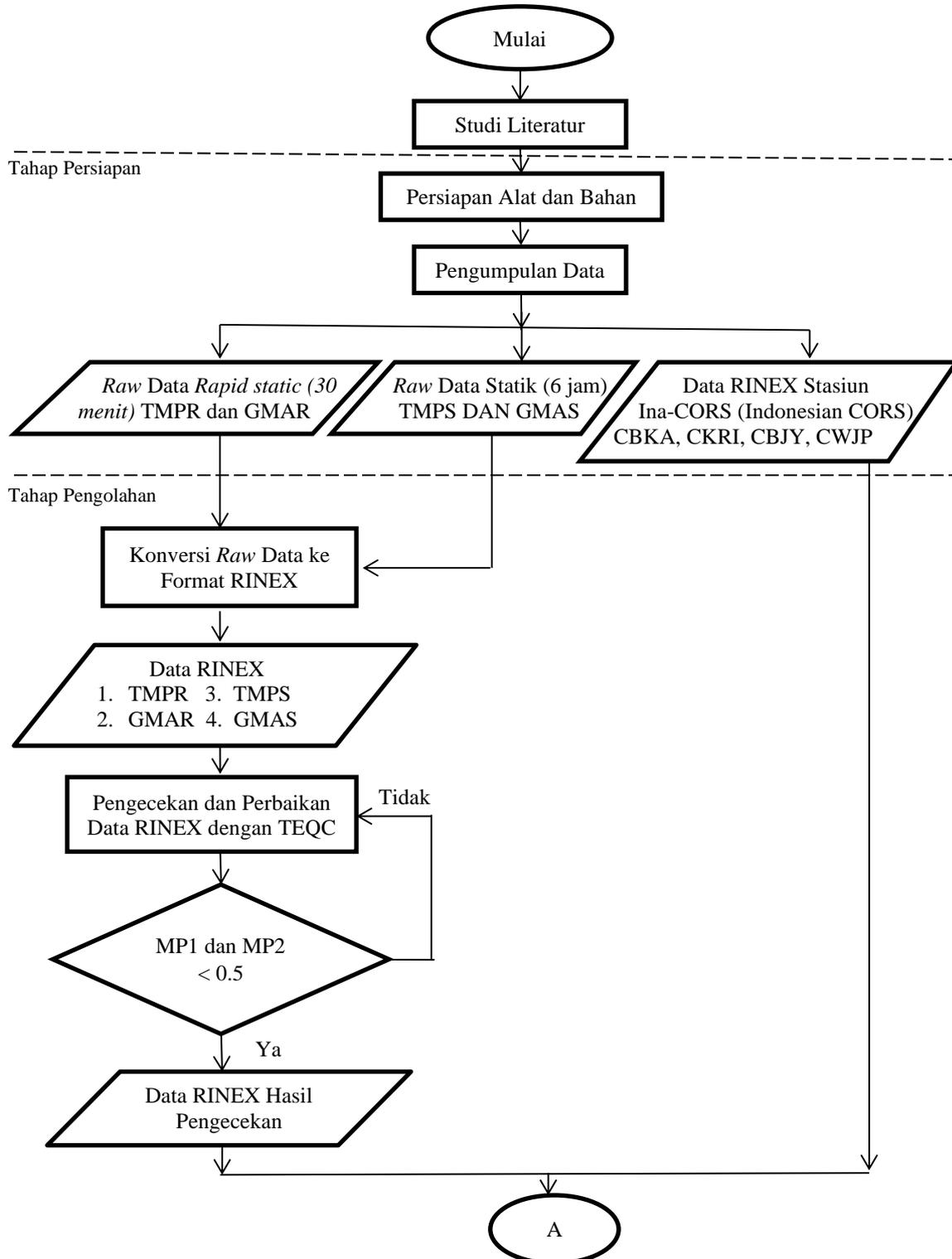
Gambar 5. lokasi titik pengamatan
(Sumber: hasil modifikasi *Google Earth*)

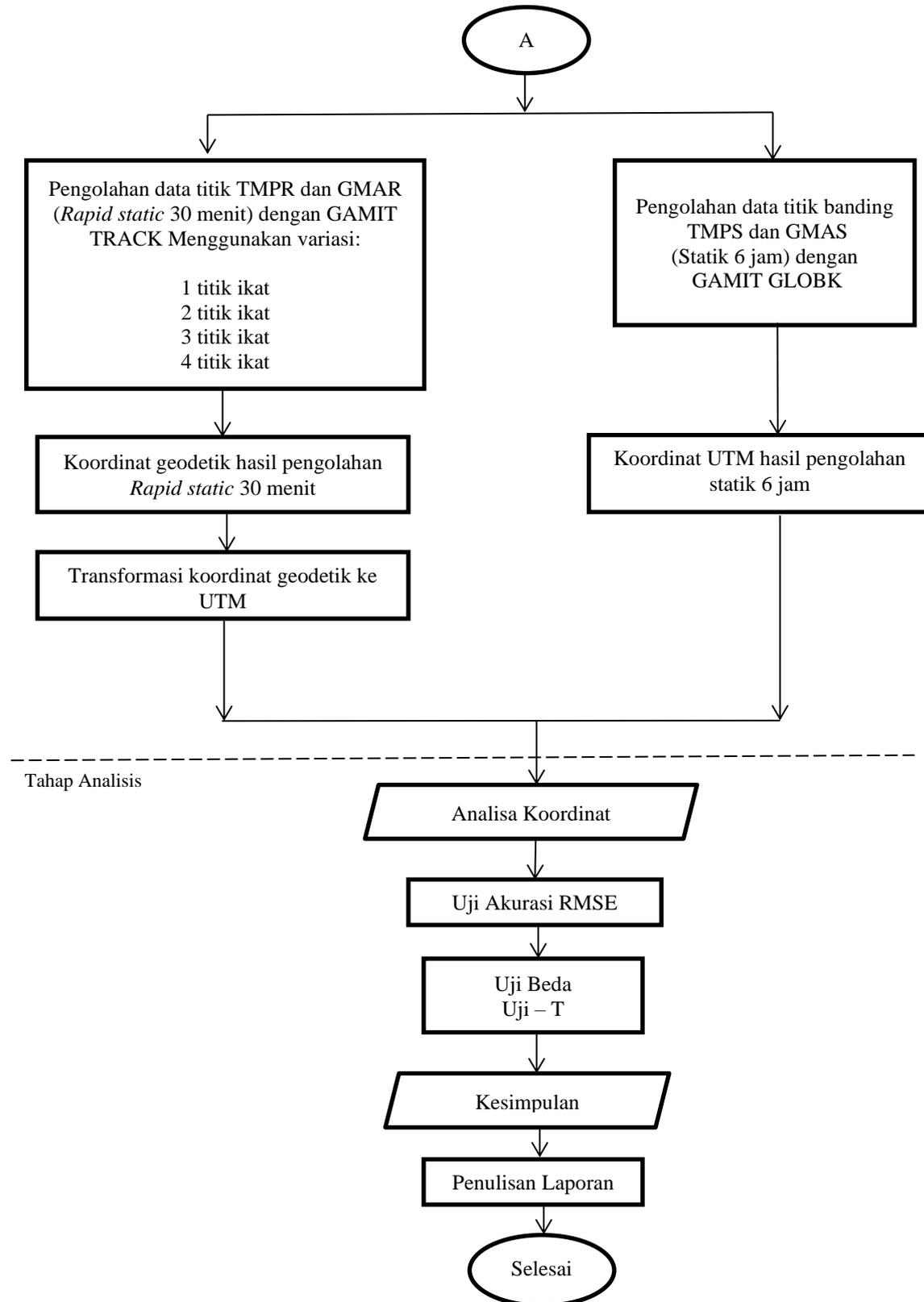
Adapun detail lokasi pengamatan yang akan dijelaskan sebagai berikut :

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

3.2. Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian ini adalah sebagai berikut:





Gambar 6 Diagram Alir Penelitian

3.3. Tahap Persiapan

Tahap persiapan pada penelitian ini yaitu meliputi persiapan administrasi. Tahap administrasi dengan melakukan perizinan dengan pihak pemilik lahan terkait pengamatan skripsi. Perizinan dilakukan untuk mempermudah proses pengambilan data. Tahapan penelitian yang akan dilakukan antara lain, studi literatur, persiapan alat dan bahan, pengumpulan data, pengecekan kualitas data, pengolahan dengan titik pengamatan dengan GAMIT TRACK, pengolahan titik banding statik 6 jam dengan GAMIT GLOBK, dan analisis kesimpulan.

3.3.1. 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.

3.3.2. Persiapan Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Perangkat Keras

- a. *Receiver* GNSS Hi Target V 30/V 60
- 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 pembandingan statik 6 jam.
- e. *Python 3.10*
- f. Notepad untuk pengecekan data.
- g. *Microsoft Office (Word, Excle dan PowerPoint)* untuk penulisan laporan.

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data primer

Data primer yaitu data hasil pengamatan yang dilakukan menggunakan alat *Hi-Target V60* dan *Hi-Target V30* menggunakan pengamatan satelit GPS dengan 2 kali pengambilan data di setiap lokasi pengamatan, pengamatan pertama menggunakan metode *rapid static* untuk data pengamatan dan metode statik untuk data pembandingan, pengamatan pertama di Taman Makam Pahlawan dengan menggunakan metode *rapid static* 30 menit dan di lanjutkan dengan metode statik 6 jam dengan data pengamatan RINEX doy 352 tahun 2022, pengamatan kedua di Graha Mandala Alam dengan menggunakan metode *rapid static* 30 menit dan di lanjutkan dengan metode statik 6 jam dengan data pengamatan RINEX doy 352 tahun 2022 Pengamatan *rapid static* (30 menit) dilakukan dengan interval waktu 30 detik sedangkan untuk pengamatan statik (6 jam) dilakukan dengan menggunakan interval waktu 30 detik. Dari pengamatan tersebut didapatkan hasil berupa *raw* data yang kemudian konversi ke format RINEX sehingga dapat dilakukan pengolahan.

2. Data sekunder

Adapun data sekunder yaitu data pendukung yang di perlukan 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*.

1. *File ephemeris* (*.sp3), yakni file yang berisi informasi berkaitan dengan satelit baik kesehatan satelit, dan juga posisi satelit.
2. *File ionex* (.yyi), yaitu file berisi nilai parameter ionosfer.

4. Data *broadcast ephemeris* (navigasi satelit) doy 352 tahun 2022 merupakan data informasi prediksi posisi satelit yang dikirimkan secara *real time* dari satelit ke *receiver*.

3.4. Pengolahan Data

Adapun tahap pengolahan data adalah sebagai berikut:

3.4.1. Konversi Raw Data Pengamatan

Data titik pengamatan yang di peroleh merupakan *raw* data dengan format *.GNS, yang mana data tersebut harus di lakukan konversi ke format RINEX versi 2.11 menggunakan perangkat lunak HGO (*Hi Target Geomatics Office*) dengan tujuan agar dapat terbaca dan data RINEX tersebut dapat diolah menggunakan perangkat lunak TEQC, GAMIT, dan perangkat lunak lainnya.

3.4.2. Pengecekan Kualitas Data Pengamatan Dengan TEQC

Pengecekan data RINEX ini dilakukan untuk mengetahui informasi tentang rentan waktu pengamatan, interval perekaman data, nilai *multipath* data serta informasi lainnya. Pada proses pengecekan kualitas dibutuhkan *file* RINEX observasi (*.yyo) dan data RINEX navigasi (*.yyn) yang berada di dalam satu folder kerja yang sama. Untuk melakukan pengecekan kualitas data pengamatan dilakukan dengan menggunakan metode *QC-full*. Data pengamatan dapat dikatakan baik apabila nilai *multipath* kurang dari 0,5 m dan nilai *MP slips* perekaman data berada di antara 80% sampai 100%.

3.4.3. Pengolahan Data Pengamatan Dengan GAMIT TRACK

Pengolahan dengan menggunakan 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>.....(6)
```

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 :

- (1) Pengolahan *track* pertama untuk mendapatkan koordinat pendekatan.
- (2) Pengolahan *track* kedua untuk mendapatkan nilai ambiguitas.
- (3) 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. Satu titik ikat

1. Titik TMPR (*rapid static* 30 menit) dengan titik ikat CBKA.
2. Titik GMAR (*rapid static* 30 menit) dengan titik ikat CBKA.



Gambar 8. Lokasi satu titik ikat stasiun Ina-CORS CBKA

b. Dua titik ikat

3. Titik TMPR dengan titik ikat CBKA dan CKRI.
4. Titik GMAR dengan titik ikat CBKA dan CKRI.



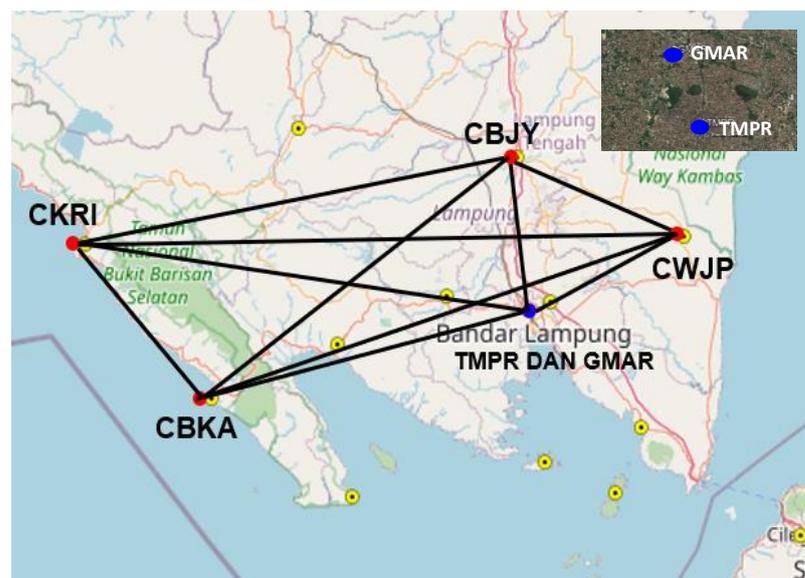
Gambar 9. Sebaran dua titik ikat stasiun Ina-CORS CBKA dan CKRI.

- c. Tiga titik ikat
- 5. Titik TMPR dengan titik ikat CBKA, CKRI dan CBJY.
- 6. Titik GMAR dengan titik ikat CBKA, CKRI dan CBJY.



Gambar 10. Sebaran tiga titik ikat stasiun Ina-CORS CBKA, CKRI dan CBJY.

- d. Empat titik ikat
- 7. Titik TMPR dengan titik ikat CBKA, CKRI, CBJY dan CWJP.
- 8. Titik GMAR dengan titik ikat CBKA, CKRI, CBJY dan CWJP.



Gambar 11. Sebaran 4 titik ikat stasiun Ina-CORS CBKA, CKRI, CBJY dan CWJP.

3.4.4 Pengolahan Data Pembanding 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:

1. *Folder* igs, untuk menyimpan *file precise ephemeris* atau final orbit satelit dengan format *.sp3 yang diunduh secara otomatis pada saat *automatic batch processing*.
2. *Folder* brdc, untuk menyimpan *file broadcast ephemeris* atau navigasi satelit global dengan format *.yyn yang di sesuaikan dengan DOY pengamatan yang akan dilakukan pengolahan.
3. *Folder* RINEX, untuk menyimpan data pengamatan yaitu *file* RINEX observasi dengan format *.yyo dan titik ikat *file* RINEX stasiun IGS yang diunduh secara *online* pada tahap *automatic batch processing* GAMIT.
4. *Folder* tables, berisi *file* kontrol yang berkaitan dengan proses pengolahan. Folder tersebut dibuat secara otomatis oleh GAMIT pada terminal linux dengan perintah “sh_setup -yr (yyyy)”.

Setelah menyusun *folder* kerja maka dilakukan *editing control file* pada *folder* tables, tahapan ini bertujuan untuk mengatur parameter dari *software* GAMIT sesuai kebutuhan pengolahan yang akan dilakukan. Tahap *editing file* adalah sebagai berikut :

- a. *File process.default*, berisikan perintah yang berkaitan dengan waktu pengambilan data pengamatan. Saat pengolahan data dengan GAMIT pada proses *automatic batch processing* secara *online* data RINEX dari stasiun IGS akan terunduh secara otomatis, akan tetapi perlu dilakukan penyuntingan untuk menghindari pengunduhan data yang tidak digunakan sehingga yang terunduh hanya di doy yang sama. Penyuntingan dilakukan pada set rx_doy_minus = 1 menjadi 0 sehingga GAMIT hanya akan mengunduh data RINEX yang sesuai dengan doy pengamatan yang diinputkan.
- b. *File site.default*, penyuntingan diperlukan agar stasiun pengamatan yang akan diolah sesuai dengan stasiun IGS yang digunakan dengan menginput nama

masing-masing stasiun IGS dan nama titik pengamatan (TMPS, GMAS). Penginputan nama stasiun mengikuti format [site] [expt] [opsi].

- c. *File lfile*, berisikan koordinat pendekatan (apriori) dari stasiun IGS, penyuntingan bertujuan agar titik pengamatan dapat terbaca ketika proses pengolahan data GAMIT berlangsung. Penyuntingan dilakukan dengan cara menambahkan nilai koordinat pendekatan titik pengamatan yang didapatkan dari data apriori masing-masing RINEX.
- d. *File sittbl*, berisikan nilai *constraint* dari setiap stasiun yang diolah. Penyuntingan dilakukan agar stasiun yang ada didalam *file* kontrol telah sesuai yang digunakan dengan memasukan nama stasiun yang dijadikan titik pengamatan dan titik ikat. Pada penelitian ini nilai *constraint* untuk titik ikat diberikan nilai yang mendekati 0 yaitu 0,050 (asumsi stasiun IGS stabil sehingga diberi bobot besar) dan titik pengamatan diberikan nilai *constraint* sebesar 99.00 yang berarti bahwa koordinat tersebut di *adjust* dengan nilai *constraint* yang besar/bobot kecil (asumsi untuk titik pengamatan yang digunakan tidak stabil).

Setelah *control file* telah selesai 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.....(7)
```

Keterangan:

- [expt] : nama eksperimen yang digunakan dalam project.
- d : jika pengolahan hanya dilakukan satu hari.
- yyyy : tahun data pengamatan yang diolah.
- d1 : doy data pengamatan yang diolah.
- pres : untuk *plot* residu sebagai *sky plot*.
- ELEV : untuk *plot* residu dan *phase elevation*.
- IGSF : untuk menggunakan orbit IGS final.

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

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

Sebelum melanjutkan ke pengolahan GLOBK diperlukan evaluasi terhadap hasil pengolahan GAMIT dengan hasil dari *Qfile* yang berisikan nilai *postfit nrms*. Nilai *postfit nrms* harus kurang dari 0,5. Jika lebih dari 0,5 maka untuk mengindikasikan adanya masalah seperti *cycle-slips* yang tidak akan bisa dihilangkan. Selain itu, analisis hasil pengolahan menggunakan GAMIT juga dilakukan terhadap *file sh_gamit_(ddd).summary* yang memuat nilai presentase ambiguitas fase, *Wide-Lane* (WL) dan *Narrow-Lane* (NL) (Herring dkk., 2015).

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

a) Penyuntingan *file.cmd*

Penyuntingan *file.cmd* bertujuan untuk memberikan opsi yang diperlukan untuk hasil akhir pengolahan. Penyuntingan pada *file globk_cmd* dilakukan dengan menambah opsi yang dibutuhkan seperti *BLEN* untuk mendapatkan informasi mengenai panjang *baseline* dan *UTM* untuk mendapatkan hasil koordinat *UTM*. Sedangkan penyuntingan pada *file glorg_cmd* dilakukan dengan menambahkan baris *command stab_site* dengan stasiun IGS yang digunakan dalam pengolahan setiap titik pengamatan.

b) 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:

sh_glred -expt [expt] -d yyyy d1 -opt H G T(8)

Keterangan:

[expt] : nama eksperimen yang digunakan dalam project.

-d : pengolahan jika hanya satu hari.

yyyy : tahun data pengamatan yang diolah.

d1 : doy data pengamatan yang diolah.

H : Konversi *file* ASCII dari GAMIT ke *H-file* biner sebagai *file input* ke GLOBK menggunakan htoglb.

G : menjalankan glred untuk kombinasi atau pengulangan.

T : membaca *output file* solusi dari GLOBK dan plot seri waktu.

3.4.5 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).

3.5. 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.

3.5.1. Perhitungan Nilai Selisih koordinat

Koordinat yang dihasilkan dari hasil pengolahan selanjutnya dilakukan perhitungan selisih koordinat dari 60 data koordinat yang dihasilkan GAMIT TRACK yang sudah transformasikan ke koordinat UTM (*Univesal Transverse Mercator*). dari setiap penggunaan variasi titik ikat terhadap koordinat titik banding atau titik yang di anggap benar. Hasil perhitungan selisih pada titik TMPS dan GMAR dengan menggunakan 1 titik ikat, 2 titik ikat, 3 titik ikat, 4 titik ikat digunakan untuk melihat seberapa signifikan dari rata-rata selisih nilai koordinat yang dihasilkan pada setiap penggunaan jumlah titik ikat, sedangkan titik TMPS dan GMAS yaitu pengamatan statik selama 6 jam di gunakan sebagai titik banding yang di anggap benar. Hasil perhitungan selisih pada variasi jumlah titik ikat digunakan untuk untuk mendapatkan nilai selisih koordinat dengan penggunaan titik ikat yang berbeda-beda. Koordinat yang digunakan adalah koordinat UTM pada sumbu *Easting* dan sumbu *Northing*. Berdasarkan hasil nilai selisih koordinat masing-masing penggunaan jumlah titik, maka nilai rata-rata selisih yang paling kecil dapat dikatakan semakin baik dalam hal ketelitian.

Berikut model matematik yang digunakan dalam perhitungan selisih :

$$\Delta X = X_1 - X_2 \dots\dots\dots(9)$$

$$\Delta Y = Y_1 - Y_2 \dots\dots\dots(10)$$

Dengan keterangan :

ΔX : selisih koordinat UTM sumbu (*EASTING*)

ΔY : selisih koordinat UTM sumbu (*NORTHING*)

X_1 : Pengolahan *rapid static* 30 menit GAMIT TRACK (60 koordinat)

X_2 : Pengolahan statik 6 jam GAMIT GLOBK (1 koordinat)

3.5.2. Perhitungan Akurasi Posisi

Perhitungan akurasi posisi dilakukan sesuai dengan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 yang digunakan untuk mengetahui nilai ketelitian pada posisi X dan Y (horizontal). Dalam penelitian ini, ketelitian mengacu pada perbedaan koordinat (X, Y) antara hasil pengolahan *rapid static* 30 menit menggunakan berbagai jumlah titik ikat yang digunakan dengan titik banding statik 6 jam sesuai dengan persamaan 3 di bab 2. Perhitungan akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian dari hasil pengolahan dengan menggunakan berbagai penggunaan jumlah titik ikat.

3.6. 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. Pengambilan keputusan dilakukan dengan membandingkan t hitung terhadap tabel distribusi t.

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 TMPR 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 3 titik ikat dengan penggunaan 4 titik ikat

Dengan hasil pengujian menggunakan uji-t dapat diketahui apakah perbedaannya signifikan atau tidak. Jika perbedaan tidak signifikan maka dapat dikatakan bahwa penambahan jumlah titik ikat tidak berpengaruh satu sama lain, tetapi jika perbedaannya signifikan maka dapat dikatakan penambahan jumlah titik ikat itu berpengaruh satu sama lain..

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan pada bab sebelumnya diperoleh kesimpulan pada studi ini sebagai berikut:

1. Nilai $RMSE_{en}$ 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 nilai akurasi posisi yang sudah dijelaskan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa dari pengamatan *rapid static* 30 menit dengan pengolahan GAMIT TRACK dengan panjang baseline 49 km hingga 149 km mendapat ketelitian posisi berada pada orde centimeter (cm).
4. 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.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang didapatkan dari penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Karena pengolahan di GAMIT TRACK minimal 60 epok kalau menginginkan perekaman *rapid static* dibawah 30 menit dengan interval 30 detik dengan titik-titik pengamatan yang berdekatan, tinggal pindahkan saja alat GPS ke titik pengamatan selanjutnya tanpa perlu menjeda perekaman agar semua data bisa diolah secara simultan di GAMIT TRACK.
2. Pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak GAMIT TRACK, maka perlu penelitian selanjutnya menggunakan perangkat lunak lain, baik perangkat lunak ilmiah maupun perangkat lunak kormersil untuk mengkaji lebih dalam tentang pengaruh jumlah titik ikat terhadap akurasi posisi pada pengamatan GPS.
3. 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.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. 2001. Geodesi Satelit. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Abidin, H. Z. 2016. *Survei Dengan GPS*. Bandung: ITB Press.
- Abidin, H.Z. 2021. Penentuan posisi dengan GPS dan aplikasinya. ITB Press. Bandung.
- Abidin, H. Z., dan Mugiarto, F. T. 2000. Pengaruh Geometri Jaringan Terhadap Ketelitian Survei GPS. *Jurnal Surveying dan Geodesi*, 1-15.
- Akbar, N., Murdapa, F., dan Rahmadi, E. 2022. Pemanfaatan Software Gamit Track Untuk Pengolahan Data GPS *Rapid Static* Pada Pengukuran Bidang Tanah. Universitas Lampung
- Alfarizi, G. 2019. Pendefinisian Koordinat Titik CORS ULPC Dengan Titik Ikat IGS Dan Ina-CORS. Universitas Lampung.
- Apsandi, O. A., Yuwono, B. D. dan Sabri, L. M. 2018. Analisis Pengukuran Metode *Rapid Static* Dengan Single Base Dan Multi Base (Studi Kasus: Titik Geoid Geometri Di Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*. 138–146.
- Artini, Sri Rezki. (2014). Penggunaan Titik Ikat GPS Regional Dalam Pendefinisian Stasiun Aktif GMU1 yang di Ikatkan Pada ITRF 2008. *Jurnal Teknik Sipil*, 124-127.
- Badan Informasi Geospasial. 2014. Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Badan Informasi Geospasial, Bogor.
- Bahlefi, Andika Rizal., Awaluddin, Moehammad., Yuwono, Bambang Darmo dan Aisyah, Nurnaning. 2013. Analisis Deformasi Gunung Merapi Tahun 2012 dari Data Pengamatan GPS, *Jurnal Geodesi UNDIP*.
- Bambang, R. 2013. Aplikasi Survei GPS dengan Metode Statik Singkat dalam Penentuan Koordinat Titik-Titik Kerangka Dasar Pemetaan Skala Besar. *Jurnal online ITN*, 98-100.

- Bambang,R. 2013. Pengaruh Penambahan Jumlah Titik Ikat terhadap Peningkatan Ketelitian Posisi Titik pada Survei GPS. *Jurnal online ITN*, 81-84.
- 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, T.A., Floyd, M.A.,King dan R.W., McClusky, S.C. 2018. ‘GAMIT Reference Manual’. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge.
- 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.
- Herring, Thomas A., Floyd, Micheal. A., King, Robert. W., dan Mcclusky, Simon. C. 2015. *GLOBK Reference Manual Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program Release 10.6*. Massachusetts Institute of Technological, Cambridge, Massachusetts. (June), pp. 1–95.
- Herring, Thomas A., Floyd, Micheal. A., King, Robert. W., dan Mcclusky, Simon. C. (2018) ‘Introduction to GAMIT/GLOBK Release 10.7. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology (June), pp. 1–168.
- Ikbal,M. 2017. Analisis Strategi Pengolahan Baseline GPS Berdasarkan Jumlah Titik Ikat dan Variasi Waktu Pengamatan. *Jurnal online ITN*, 229-230.
- Lu, B., Ping, J. J., dan Liang, C. 2012. *Research of GPS Signal Multipath Effects Based on GAMIT TRACK*. *Advanced Materials Research*. 912-919
- Nugroho,T. 2020. Metode *Rapid Static* untuk Densifikasi Jaring Kerangka Horizontal Nasional (JKHN) Guna Keperluan Kadastral. *Laporan penelitian*, 14-23.
- Purnama, F.A., Fajriyanto, dan Rahmadi, E. 2022. Studi ketelitian Hasil Pengolahan Data Pengamatan GNSS Metode Kinematik Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT TRACK. Datum.
- Utama,T.A., 2013. Pengaruh Koneksitas Jaring Terhadap Ketelitian Posisi Pada Survei GPS. *Jurnal online ITN*, 1-10.
- Soeprajogo, Magdalena Purnama., dan Ratnaningsih, Nina. 2020. Perbandingan Dua Rata-Rata Uji-T (Pusat Mata Nasional). Rumah Sakit Mata CICENDO.