

**PENDEFENISIAN KOORDINAT TITIK CORS ULPC DENGAN
TITIK IKAT IGS DAN INA-CORS**

(SKRIPSI)

Oleh:

**GHIFARI ALFARIZI
NPM 1755013001**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**PENDEFENISIAN KOORDINAT TITIK CORS ULPC DENGAN
TITIK IKAT IGS DAN INA-CORS**

Oleh

GHIFARI ALFARIZI

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
2022**

ABSTRAK

PENDEFENISIAN KOORDINAT TITIK ULPC DENGAN TITIK IKAT IGS DAN INA-CORS

Oleh

GHIFARI ALFARIZI

Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Teknik Universitas Lampung memiliki stasiun CORS bernama ULPC yang sudah dioperasikan sejak Desember tahun 2021 yang bekerjasama dengan PT. CHC *Navigation Shanghai*. Stasiun CORS ULPC sudah merekam data selama 10 bulan, untuk dapat digunakan oleh banyak pengguna stasiun CORS ULPC perlu memiliki koordinat definitif. Namun sampai saat ini belum ada kajian tentang koordinat definitif CORS ULPC. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk mendefinisikan titik CORS ULPC, dengan menggunakan 12 titik ikat IGS dan 12 titik ikat Ina-CORS.

Data yang digunakan adalah data RINEX sistem satelit GPS stasiun CORS ULPC selama 30 hari pada bulan Januari 2022, data *precise ephemeris final orbit* dan data *broadcast ephemeris*. Pengolahan data dilakukan dengan perangkat lunak TEQC dan perangkat lunak ilmiah GAMIT/GLOBK. Pengolahan dilakukan dengan tiga cara yaitu, menggunakan titik ikat IGS, Ina-CORS dan Ina-CORS hasil pengolahan sendiri. Semua titik ikat tersebut menggunakan ITRF 2014 *epoch* 2022. Hasil koordinat dari tiga skenario dilakukan uji beda menggunakan uji-t untuk melihat signifikansi perbedaan koordinat yang dihasilkan secara statistik.

Hasil penelitian ini berupa nilai koordinat geosentris titik CORS ULPC, pada pengolahan I didapatkan koordinat $X = -1669521,35701366 \text{ m} \pm 0,00416 \text{ m}$, $Y = 6127189,18423444 \text{ m} \pm 0,01047 \text{ m}$ dan $Z = -592021,11384182 \text{ m} \pm 0,00261 \text{ m}$, pengolahan II didapatkan nilai koordinat $X = -1669521,34936366 \text{ m} \pm 0,00077 \text{ m}$, $Y = 6127189,15999444 \text{ m} \pm 0,00198 \text{ m}$ dan $Z = -592021,11984182 \text{ m} \pm 0,00050 \text{ m}$ dan pada pengolahan III didapatkan nilai koordinat $X = -1669521,35464366 \text{ m} \pm 0,00078 \text{ m}$, $Y = 6127189,18158444 \text{ m} \pm 0,00196 \text{ m}$ dan $Z = -592021,11614182 \text{ m} \pm 0,00051 \text{ m}$. Hasil pengujian dari ketiga skenario menggunakan metode uji-t tidak menunjukkan adanya perbedaan koordinat yang signifikan. Dalam pendefinisian koordinat CORS ULPC, koordinat yang paling baik digunakan untuk pendefinisian CORS ULPC adalah koordinat hasil pengolahan menggunakan titik ikat Ina-CORS pada pengolahan III, dimana koordinat stasiun titik ikatnya didapatkan dari hasil pengolahan sendiri menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK.

Kata Kunci: GAMIT/GLOBK, GPS, Pendefinisian Koordinat, ULPC

ABSTRACT

DEFINING ULPC POINT COORDINATES WITH IGS AND INA-CORS BINDING POINTS

By

GHIFARI ALFARIZI

The Department of Geodesy and Geomatics Engineering, Faculty of Engineering, University of Lampung has a CORS station called ULPC which has been operated since December 2021 in collaboration with PT. CHC Navigation Shanghai. The CORS ULPC station already Records data for 10 months, to be able to be used by many users the CORS ULPC station needs to have definitive coordinates. However, until now there has been no study of the definitive coordinates of CORS ULPC. Based on these problems, it is necessary to conduct research to define the ULPC CORS point, using 12 IGS tie points and 12 Ina-CORS tie points. The data used are RINEX GPS satellite system CORS ULPC station data for 30 days in January 2022, precise ephemeris final orbit data and broadcast ephemeris data. Data processing was done with TEQC software and GAMIT/GLOBK scientific software. Processing is done in three ways, namely, using IGS tie point, Ina-CORS and Ina-CORS own processing results. All such tie points use the ITRF 2014 epoch 2022. The results of the coordinates of the three scenarios performed different tests using the t-test to see the significance of the resulting coordinate differences statistically. The results of this study in the form of the value of the coordinates of the geocentric point of CORS ULPC, on the processing I obtained the coordinates $X = -1669521,35701366 \text{ m} \pm 0,00416 \text{ m}$, $Y = 6127189,18423444 \text{ m} \pm 0,01047 \text{ m}$ and $Z = -592021,11384182 \text{ m} \pm 0,00261 \text{ m}$, processing II obtained the value of the coordinates $X = -1669521,34936366 \text{ m} \pm 0,00077 \text{ m}$, $Y = 6127189,15999444 \text{ m} \pm 0,00198 \text{ m}$ and $Z = -592021,11984182 \text{ m} \pm 0,00050 \text{ m}$ and on the processing of III obtained the value of the coordinates $X = -1669521,35464366 \text{ m} \pm 0,00078 \text{ m}$, $Y = 6127189,18158444 \text{ m} \pm 0,00196 \text{ m}$ and $Z = -592021,11614182 \text{ m} \pm 0,00051 \text{ m}$. The test results of the three scenarios using the t-test method did not show any significant difference in coordinates. In defining CORS ulpc coordinates, the best coordinates used for defining CORS ULPC are the coordinates of the results of processing using Ina-CORS binding points in processing III, where the coordinates of the binding point stations are obtained from the results of processing themselves using GAMIT/GLOBK software.

Keywords: GAMIT/GLOBK, GPS, Defining coordinates, ULPC

HALAMAN PERSETUJUAN

**Judul Skripsi : PENDEFENISIAN KOORDINAT TITIK ULPC
DENGAN TITIK IKAT IGS DAN INA-CORS**

Nama Mahasiswa : Ghifari Alfarizi

Nomor Pokok Mahasiswa : 1755013001

Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik



Pembimbing 1

Pembimbing 2

**Romi Fadly, S.T., M.Eng.
NIP 19770824 200812 1 001**

**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

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



Sekretaris

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



Penguji

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



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng Helmy Fitriawan, S. T., M.Sc. Δ

NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 18 November 2022

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya Ghifari Alfarizi, NPM 1755013001, dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam skripsi yang berjudul **“PENDEFINISIAN KOORDINAT TITIK CORS ULPC DENGAN TITIK IKAT IGS DAN INA-CORS”** adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Dosen Pembimbing kesatu yaitu Romi Fadly, S.T., M.Eng., 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, 01 November 2022
Yang membuat pernyataan



Ghifari Alfarizi
NPM 1755013001

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Jambi pada 30 Juli 1999, Penulis lahir dari pasangan Bapak Mufliardin, S.Pd., M.Pd dan Ibu Eva Yuliati, S.Tr.Kes dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara yakin Ghifari Alfarizi dan Nabila Aulia. Jenjang Pendidikan penulis dimulai dengan menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-Kanak pada TK Al-Aqhsa Kota Jambi pada tahun 2004-2005. Sekolah Dasar di SDN 92 Kota Jambi pada tahun 2005-2011. Sekolah Menengan Pertama di SMPN 08 Kota Jambi pada tahun 2011-2014. Sekolah Menengah Atas di SMAN 11 Kota Jambi pada tahun 2014-2017. Kemudian pada tahun 2017 penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN Barat.

Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif di berbagai organisasi internal maupun external kampus seperti terdaftar sebagai anggota departemen Sosial dan Politik (SOSPOL) Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FT Unila pada tahun 2018-2019 penulis juga menjadi Anggota dan pada tahun berikutnya penulis menjadi kepala departemen kerohanian Himpunan Mahasiswa Teknik Geodesi (HIMAGES) FT Unila pada tahun 2018-2020. Pada tahun 2020-2021 penulis menjadi kepala Media Publikasi dan Informasi (KAFORKOM) Ikatan Mahasiswa Geodesi Indonesia (IMGI) sebagai perwakilan dari Teknik Geodesi Unila. Pada bulan Januari-Februari 2020 selama 30 hari, penulis melaksanakan kerja praktik (KP) di PT. Frasta Survey Indonesia (FSI) dengan judul laporan **“Pembuatan Peta Rupa Bumi Indonesia Sekala 1 : 5.000 Nomor Lembar Peta 1614-2449C Kabupaten Gunung Mas Menggunakan Data Foto Udara dan Lidar”**.

Pada bulan Juli – Agustus 2020 selama 40 hari penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sungai Duren, Kec Jaluko, Kab Muaro Jambi. Setelah menjalankan KKN penulis melakukan penelitian tugas akhir dengan judul **“Pendefinisian Koordinat Titik CORS ULPC dengan Titik Ikat IGS dan Ina-CORS”** pada tahun 2022.

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 rasa terimakasih saya kepada :

“Kedua orang hebat dalam hidup saya, Ayah dan Ibu. Keduanya lah yang membuat segalanya menjadi mungkin sehingga saya bisa sampai pada tahap di mana skripsi ini akhirnya selesai. Terima kasih atas segala pengorbanan, nasihat dan doa baik yang tidak pernah berhenti kalian berikan kepadaku. Aku selamanya bersyukur dengan keberadaan kalian sebagai orangtua ku.”

Skripsi ini saya persembahkan untuk orang-orang yang sering nanya “kapan wisuda?”, “kapan sidang?”, “kapan nyusul?”, “kapan lulus?” Kalian adalah alasan ku untuk menyelesaikan tugas akhir ini secepat mungkin.

Maaf ya wisudanya lama 😊

MOTTO

“Barang siapa yang keluar untuk mencari ilmu, maka ia berada di jalan Allah
hingga ia pulang” - HR. Turmudzi

“Walaupun masih menjadi mahasiswa tapi memiliki penghasilan” - Ghifari 2022

SANWACANA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**PENDEFINISIAN KOORDINAT TITIK CORS ULPC DENGAN TITIK IKAT IGS DAN INACORS**” 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 Romi Fadly, S.T., M.Eng., 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 Dr. Fajriyanto, S.T., M.T., sebagai Dosen Penguji yang telah membantu dan memberikan saran serta kritik yang berkaitan dengan 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.

7. Terkhusus untuk kedua orang tuaku, Bapak Mufliardin S.Pd., M.Pd dan Ibu Eva Yuliati S.Tr.Kes serta Adikku Nabila Aulia dan, tidak lupa seluruh keluarga besar yang telah memberikan semangat, dukungan, motivasi dan kasih sayang yang tulus serta do'a yang tiada henti.
8. Keluarga besar datuk, nenek, om, tante dan keponak-keponakan yang selalu memberikan dukungan serta doa untuk penulis.
9. Terimakasih untuk Prama Shella Erinda yang telah menemani, mendengarkan keluh kesah dan selalu memberikan semangat kepada penulis dalam penyusunan skripsi serta membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dapat terselesaikan.
10. Teman-teman seperjuanganku, Team "Sh_Gamit_Get_ST", Nicolas, Erin, Deni dan Nanda atas bantuannya dalam mencari solusi ketika Fatal Error dan suka duka dalam pengolahan menggunakan Gamit ini.
11. Terimakasih untuk trio macan kerinci (Ade, Ilzam dan Idham) yang telah memberikan support penulis sejak awal masuk kuliah hingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semangat terus untuk kalian bertiga, kalian luar biasa.
12. 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. Senang bisa berjuang bersama kalian, semoga kalian semua sukses.
13. 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.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan bantuan, dukungan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal ibadah dan diterima ALLAH SWT. Amin. Penulis menyadari bahwa masih banyak

kekurangan dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Bandar Lampung, 30 Juli 2022

Hormat Penulis,

Ghifari Alfarizi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 GNSS (<i>Global Navigation Satellite System</i>).....	10
2.3 ITRF (<i>International Terrestrial Reference Frame</i>)	14
2.4 IGS (<i>International GNSS Service</i>).....	15
2.5 Ina-CORS (<i>Indonesia Continuously Operating Reference Station</i>)	16
2.6 ULPC (Universitas Lampung CORS).....	17
2.7 SRGI (Sistem Referensi Geospasial Indonesia)	18
2.8 Transformasi Antar ITRF	19
2.9 Perangkat Lunak GAMIT dan GLOBK.....	20
2.10 TEQC (<i>Translation, Editing, Quality, Checking</i>).....	22
2.11 Uji Beda	23
III. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Lokasi Penelitian.....	25
3.2 Diagram Alir Penelitian	26
3.3 Tahap Penelitian.....	28
3.4 Pengolahan Data	30
3.5 Transformasi Koordinat	36
3.6 Perbandingan Koordinat Hasil Transformasi Terhadap ITRF 2008 <i>epoch</i> 2012	36
3.7 Uji Beda	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Pengolahan TEQC	39
4.2 Hasil Pengolahan Data Menggunakan GAMIT	40
4.3 Hasil Pengolahan Data Menggunakan GLOBK	44
4.4 Transformasi Koordinat Antar ITRF dan <i>epoch</i>	46

4.5 Perbandingan Hasil Koordinat Transformasi Terhadap ITRF 2008 <i>epoch</i> 2012	47
4.6 Hasil Uji Beda.....	47
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1 Simpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN A.....	54
LAMPIRAN B	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu	6
2. Parameter transformasi dari ITRF 2014 ke ITRF 2008	19
3. Nilai koordinat ULPC	45
4. Hasil transformasi koordinat ULPC	46
5. Perbedaan koordinat tiga skenario	47
6. Hasil uji beda.....	48
7. Transfoormasi koordinat pengolahan II	59
8. Koordinat titik ikat hasil pengolahan III	60
9. Hasil pengecekan data GPS doy 1-15 menggunakan TEQC	60
10. Hasil pengecekan data GPS doy 15-30 menggunakan TEQC	61
11. Nilai <i>postfit</i> dan ambiguitas fase pengolahan I doy 1 sampai doy 10.....	61
12. Nilai <i>postfit</i> dan ambiguitas fase pengolahan I doy 11 sampai doy 20.....	61
13. Nilai <i>postfit</i> dan ambiguitas fase pengolahan I doy 21 sampai doy 30.....	62
14. Nilai <i>postfit</i> dan ambiguitas fase pengolahan II doy 1 sampai doy 10.....	62
15. Nilai <i>postfit</i> dan ambiguitas fase pengolahan II doy 11 sampai doy 20.....	63
16. Nilai <i>postfit</i> dan ambiguitas fase pengolahan II doy 21 sampai doy 30.....	63
17. Nilai <i>postfit</i> dan ambiguitas fase pengolahan III doy 1 sampai doy 10	63
18. Nilai <i>postfit</i> dan ambiguitas fase pengolahan III doy 11 sampai doy 20	64
19. Nilai <i>postfit</i> dan ambiguitas fase pengolahan III doy 21 sampai doy 30	64
20. Hasil koordinat pengolahan I doy 1 sampai doy 10.....	65
21. Hasil koordinat pengolahan I doy 11 sampai doy 20.....	65
22. Hasil koordinat pengolahan I doy 21 sampai doy 30.....	65
23. Hasil koordinat pengolahan II doy 1 sampai doy 10.....	66
24. Hasil koordinat pengolahan II doy 11 sampai doy 20.....	66
25. Hasil koordinat pengolahan II doy 21 sampai doy 30.....	66
26. Hasil koordinat pengolahan III doy 1 sampai doy 10	67
27. Hasil koordinat pengolahan III doy 11 sampai doy 20	67
28. Hasil koordinat pengolahan III doy 21 sampai doy 30	67
29. Uji beda perbedaan koordinat	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Segmen GPS.....	11
2. Persebaran stasiun IGS.....	16
3. Persebaran stasiun Ina-CORS	17
4. Antena CHC C220GR2.....	17
5. <i>Receiver</i> CHC N72.....	18
6. CORS ULPC	18
7. Lokasi penelitian	25
8. Diagram alir penelitian.....	27
9. Persebaran stasiun IGS yang digunakan dalam penelitian.....	29
10. Persebaran stasiun Ina-CORS yang digunakan dalam penelitian	30
11. Grafik nilai TEQC MP1 dan MP2	39
12. Grafik nilai <i>postfit</i> pengolahan I.....	41
13. Grafik nilai ambiguitas fase pengolahan I	41
14. Grafik nilai <i>postfit</i> pengolahan II	42
15. Grafik nilai ambiguitas fase pengolahan II	42
16. Grafik nilai <i>postfit</i> pengolahan III.....	43
17. Grafik nilai ambiguitas fase pengolahan III.....	43
18. Grafik koordinat ULPC hasil pengolahan.....	44
19. Grafik koordinat ULPC ITRF 2008 <i>epoch</i> 2012	46
20. Antena CORS ULPC tipe CHCC220GR	55
21. <i>Receiver</i> CORS ULPC tipe CHC N 72	55

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Survei GNSS (*Global Navigation Satellite System*) adalah suatu cara untuk mengetahui nilai titik koordinat dengan menggunakan bantuan teknologi satelit yang menghasilkan ketelitian sangat akurat (Gleason, 2009). Dalam ilmu dan aplikasi geodesi, ketelitian merupakan masalah utama dalam penentuan posisi. Di Indonesia sistem satelit navigasi GNSS yang berkembang pertama kali adalah GPS (*Global Positioning System*), sistem ini dikembangkan oleh Amerika Serikat. Sistem satelit GPS sudah banyak digunakan oleh masyarakat dunia karena bisa merekam data secara kontinu dan stabil. Secara umum ketelitian posisi yang didapat dari pengamatan GPS bergantung pada empat faktor, yaitu faktor ketelitian data, geometri pengamatan, strategi pengamatan, dan strategi pengolahan data (Abidin, 2000).

Perkembangan sistem satelit GPS telah banyak digunakan dalam penentuan posisi seperti pembuatan sistem titik kontrol geodetik, baik digunakan untuk skala global, regional dan nasional. Sistem titik kontrol yang dimaksud adalah CORS (*Continuously Operating Reference Station*) yang merupakan jaring kerangka geodetik aktif berupa stasiun permanen (*base station*) dilengkapi dengan *receiver* (BIG, 2022). Sistem referensi koordinat jaringan CORS berpedoman pada kerangka referensi global ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*) dengan tingkat akurasi tinggi. Nilai koordinat yang diperoleh dari ITRF ini dapat dijadikan acuan untuk implementasi ITRF terbaru.

Lembaga multinasional yang menyediakan data GPS dan menyediakan informasi *ephemeris* yang digunakan untuk mendukung penelitian geodetik dan geofisik adalah IGS (*International GNSS Service*) atau CORS. IGS merupakan sistem satelit penentuan posisi sistem satelit ini dikelola dan dimiliki oleh Amerika Serikat dan tersebar di seluruh negara. Indonesia juga memiliki *Continuously Operating Reference Station of Indonesia* (Ina-CORS) yang dioperasikan dan dibangun oleh BIG (Badan Informasi Geospasial) stasiun-stasiun ini tersebar di seluruh wilayah Indonesia (Raharjo, 2017). Dalam kegunaannya, CORS bisa digunakan untuk menyediakan data penentuan posisi secara kontinu selama dua puluh empat jam sepanjang tahun dengan mengumpulkan dan merekam data tersebut dapat digunakan untuk penentuan posisi, baik secara *realtime* ataupun *post-processing* (Saputra, 2017).

Seiring berjalannya waktu, sistem CORS di Indonesia terus berkembang dan mulai dikenal oleh masyarakat terkhusus dalam bidang pemetaan dengan memanfaatkan stasiun CORS yang tersedia yaitu Ina-CORS. Selain Ina-CORS, saat ini Universitas Lampung menyediakan stasiun referensi CORS yang bekerjasama dengan PT. CHC *Navigation Shanghai* yang diberi nama ULPC (Universitas Lampung CORS) sudah mulai dioperasikan sejak 8 Desember tahun 2021 dan dapat merekam data dalam dua puluh empat jam secara kontinu. CORS ULPC perlu memiliki koordinat definitif sehingga bisa digunakan oleh banyak pengguna, namun sampai saat ini belum adanya penelitian tentang koordinat definitif CORS ULPC. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mendefinisikan titik CORS ULPC. Pendefinisian ini menggunakan data RINEX ULPC yang diolah menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK dengan memanfaatkan titik ikat IGS dan titik ikat Ina-CORS yang tersebar merata di sekitar ULPC untuk mendapatkan koordinat dengan ketelitian tinggi hingga fraksi milimeter. Diharapkan stasiun CORS ULPC mampu digunakan sebagai stasiun referensi CORS di Provinsi Lampung.

1.2 Rumusan Masalah

ULPC (Universitas Lampung CORS) telah dioperasikan sejak 8 Desember 2021 yang dapat merekam data dalam dua puluh empat jam secara kontinu. CORS ULPC perlu memiliki koordinat definitif sehingga bisa digunakan oleh banyak pengguna baik secara *realtime* maupun secara *post-processing*, namun sampai saat ini belum adanya penelitian tentang koordinat definitif CORS ULPC. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mendefinisikan titik CORS ULPC. Pendefinisian ini menggunakan data RINEX ULPC yang diolah menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK dengan memanfaatkan titik ikat IGS dan titik ikat Ina-CORS yang tersebar merata di sekitar ULPC untuk mendapatkan koordinat dengan ketelitian tinggi hingga fraksi milimeter. Berdasarkan permasalahan tersebut dapat diajukan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Berapa nilai koordinat definitif ULPC hasil pengolahan *post-processing* menggunakan titik ikat IGS dan titik ikat Ina-CORS?
2. Apakah secara statistik nilai koordinat definitif ULPC hasil pengolahan *post-processing* menggunakan titik ikat IGS dan titik ikat Ina-CORS memiliki perbedaan signifikan atau tidak?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menghitung koordinat titik ULPC menggunakan tiga titik ikat yaitu: titik ikat IGS, titik ikat Ina-CORS dari BIG, dan titik ikat Ina-CORS hasil perhitungan sendiri.
2. Menguji beda koordinat hasil perhitungan menggunakan tiga titik ikat IGS, titik ikat Ina-CORS dari BIG, dan titik ikat Ina-CORS hasil perhitungan sendiri.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukan penelitian ini menghasilkan nilai koordinat ULPC yang dapat digunakan untuk layanan secara *realtime* dan *post-processing*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian berada di titik ULPC di Gedung G Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung yang terletak di Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung.
2. Data yang digunakan adalah data hasil pengamatan CORS ULPC dengan sistem satelit GPS. Data tersebut yaitu data 30 hari (doy 1 sampai doy 30 tahun 2022) dengan interval pengamatan 30 detik.
3. Pengolahan data stasiun CORS ULPC ini diikatkan terhadap titik ikat IGS dan Ina-CORS.
4. Pengolahan I menggunakan 12 titik ikat IGS antara lain adalah ABPO, BAKO, CUSV, DGAR, HKSL, IISC, KUGE, MAYG, PIMO, TNML, TIDB, WARK untuk pengolahan II dan pengolahan III menggunakan 12 titik ikat Ina-CORS antara lain adalah BAKO, CAGM, CBLT, CBTH, CGON, CKMN, CKRI, CLHT, CMEN, CPSR, CWJP, PALE. Pada pengolahan II menggunakan titik ikat Ina-CORS yang koordinat titik ikatnya didapatkan dari BIG. Titik ikat Ina-CORS tersebut ditransformasi ke ITRF 2014 *epoch* 2022. Pengolahan III menggunakan titik ikat Ina-CORS yang nilai koordinatnya didapatkan dari hasil pengolahan sendiri menggunakan GAMIT/GLOBK.
5. Pengecekan kualitas data dan pemotongan data RINEX menggunakan perangkat lunak TEQC dan pengolahan data menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK 10.7.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mendefinisikan koordinat titik CORS ULPC yang berada di Gedung G Teknik Geodesi, Universitas Lampung. Hasil dari penelitian ini berupa nilai koordinat titik ULPC yang sudah di transformasikan menjadi ITRF 2008 *epoch* 2012. Data yang digunakan adalah data RINEX sistem satelit GPS stasiun CORS ULPC selama 30 hari, yaitu pada tanggal 1 Januari sampai dengan 30 Januari 2022. Titik ikat yang digunakan pada penelitian yaitu 12 titik ikat IGS dan 12 titik ikat Ina-CORS. Masing-masing titik ikat IGS dan Ina-CORS tersebut antara lain IGS (ABPO, BAKO, CUSV, DGAR, HKSL, IISC, KUGE, MAYG, PIMO, TNML, TIDB, WARK) dan titik ikat Ina-CORS (BAKO, CAGM, CBLT, CBTH, CGON, CKMN, CKRI, CLHT, CMEN, CPSR, CWJP, PALE) perangkat lunak yang digunakan adalah TEQC dan GAMIT/GLOBK versi 10.7. Perbedaan penelitian terdahulu selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Metodologi	Hasil
1	<p>Pendefinisian Koordinat ULP2 Universitas Lampung Terhadap ITRF 2014 Menggunakan Titik Ikat IGS dan CORS Badan Informasi Geospasial.</p> <p>Restiana (2021)</p>	<p>Pengamatan dilakukan di titik ULP2 Universitas Lampung selama 96 jam dimana 48 jam menggunakan alat <i>Hemisphere</i> dan 48 jam menggunakan alat Hi-Target. Pengolahan data dilakukan dengan perangkat lunak TEQC dan perangkat lunak GAMIT/GLOBK. Pengolahan menggunakan titik ikat IGS dan In-CORS. Pada penelitian ini menggunakan uji signifikansi beda dua parameter untuk mengetahui perbedaan signifikansi dua parameter.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Koordinat definitif titik ULP2 dalam UTM zona 48S pada arah E = 526596,336 m, N = 9407310,9954 m, dan h = 130,6185 m. Koordinat geodetis $5,3620393213^{\circ}$ LS dan $105,240057347^{\circ}$ BT. Koordinat kartesian 3D pada sumbu X = -1669327,67933 m \pm 0,00232 m, Y = 6127212,73483 m \pm 0,00173 m, dan Z = -592068,04474 m \pm 0,00984 m. 2. Hasil uji-t menunjukkan secara statistik bahwa skenario I, II, dan III tidak memiliki perbedaan koordinat yang signifikan. 3. Titik ikat yang paling optimal untuk pendefinisian koordinat diperoleh dari pengolahan pada skenario I menggunakan titik ikat IGS dengan distribusi titik yang merata. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai simpangan baku yang kecil dengan ketelitian pada sumbu X sebesar 0,00233 mm dan skenario II dengan ketelitian pada sumbu Y sebesar 0,00170 mm dan Z sebesar 0,00900 mm. 4. Penggunaan titik ikat dengan distribusi titik ikat merata menghasilkan konfigurasi jaring yang baik. Hal tersebut dibuktikan dengan presentase nilai <i>narrow lane</i> yang dihasilkan dari skenario I, yaitu lebih dari 80%. 5. Panjang <i>baseline</i> yang paling baik berada di antara 565 km sampai 2,806 km dengan nilai simpangan baku kecil pada arah E = 2,4 mm, N = 1,8 mm, dan h = 9,9 mm. Hasil tersebut diperoleh dari skenario I dengan penggunaan titik ikat yang terdistribusi secara merata tanpa memperhatikan jarak.

No	Judul Penelitian	Metodologi	Hasil
2	<p>Pendefinisian Koordinat ULP2 Terhadap ITRF 2014 Menggunakan Kombinasi Satelit GPS dan GLONASS.</p> <p>Muahmmad Bimo Bimanta (2021).</p>	<p>Pengamatan dilakukan di titik ULP2 Universitas Lampung selama 40 jam. Pengolahan data dilakukan dengan perangkat lunak TEQC dan perangkat lunak GAMIT/GLOBK. Pengolahan menggunakan titik ikat IGS dengan sistem satelit GPS dan GLONASS. Uji signifikansi beda dua parameter digunakan untuk mengetahui signifikansi perbedaan dua parameter.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nilai koordinat definitif titik ULP2 yang berada di Universitas Lampung ialah koordinat kartesian ialah -1669327,66710 (X), 6127212,68640 (Y), -592068,03845 (Z), koordinat geodetiknya ialah -5,3620393069° (lintang), 105,2400573554° (bujur) dan 130,56824 meter (elipsoid), dan untuk koordinat UTM zona 48S ialah 526596,3370 meter (Timur) dan 9407310,9970 meter (Utara). 2. Standar deviasi yang dihasilkan dari kombinasi satelit GPS dan GLONASS relatif kecil, hal ini dikarenakan jumlah satelit yang digunakan untuk menentukan suatu posisi akan lebih banyak yang membuat geometri satelit menjadi lebih baik sehingga dapat meningkatkan ketelitian koordinat yang dihasilkan. 3. Nilai koordinat yang dihasilkan dari sistem satelit GLONASS secara mandiri secara statistik tidak memiliki perbedaan dengan nilai koordinat yang dihasilkan dari kombinasi sistem satelit GPS dan GLONASS ataupun sistem satelit GPS secara mandiri dengan waktu pengamatan selama 40 jam, dengan demikian dapat dikatakan sistem satelit GLONASS sudah beroperasi dengan baik.
3	<p>Pendefinisian Koordinat ULP2 Universitas Lampung Terhadap ITRF 2014 Serta Analisa Penggunaan Tiga Macam Receiver GNSS Yang Berbeda.</p>	<p>Pengamatan dilakukan di titik ULP2 Universitas Lampung selama 40 jam. Pengolahan data dilakukan dengan perangkat lunak TEQC dan perangkat lunak GAMIT/GLOBK. Pengolahan menggunakan titik ikat IGS dengan sistem satelit GPS dan GLONASS. Uji</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hasil pengecekan kualitas data RINEX di TEQC menunjukkan bahwa nilai MP1 dan MP2 pada tiap receiver memiliki nilai yang tinggi diatas 0,5 kecuali receiver Hi-Target, dibuktikan dengan nilai MP1 yaitu 0,21 dan MP2 sebesar 0,22 m. Nilai IOD slips yang dikualifikasikan baik dengan nilai 40 pada receiver Topcon. Nilai IOD atau MP slips menunjukkan nilai diatas 100 pada ketiga receiver yang berarti tidak

No	Judul Penelitian	Metodologi	Hasil
	Gita Nindya Putri (2021)	signifikansi beda dua parameter digunakan untuk mengetahui signifikansi perbedaan dua parameter.	<p>dikualifikasikan baik. Nilai Rasio pengamatan pada tiap <i>receiver</i> dikualifikasikan baik dengan nilai mendekati 100%</p> <p>2. Nilai koordinat definitif titik ULP2 Universitas Lampung:</p> <p>a. Koordinat geodetis, yaitu $5,3620393436^{\circ}$ LS $105,2400574228^{\circ}$ BT.</p> <p>b. Koordinat Kartesian, $X = -1669327,66658 \text{ m} \pm 0,01214 \text{ m}$, $Y = 6127212,65601 \text{ m} \pm 0,03929 \text{ m}$, dan $Z = -592068,03976 \text{ m} \pm 0,00685 \text{ m}$.</p> <p>c. Koordinat UTM 48S, $E = 526596,3444 \text{ m}$, $N = 9407310,9929 \text{ m}$, $h = 130,5390 \text{ m}$.</p> <p>3. Hasil uji statistik Hasil pengujian menggunakan uji distribusi T menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada skenario I, II, dan III. Dapat dikatakan bahwa penggunaan tiga macam <i>receiver</i>, yaitu <i>receiver</i> Hemisphere S321, HiTarget V30, Topcon GR-5 tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap koordinat definitif ULP2 yang dihasilkan.</p>
4	<p>Penentuan Koordinat Defenitif <i>epoch</i> 2013 Stasiun CORS Geodesi UNDIP dengan Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10.04.</p> <p>Edy Saputera Purba (2013)</p>	<p>Pengamatan dilakukan menggunakan data CORS UNDIP (Universitas Dipenogoro) data yang digunakan adalah data periode Februari 2013 selama 25 hari DOY 032 sampai 056 dan Maret 2013 selama 29 hari DOY 060 sampai 088. Pengolahan data dilakukan dengan perangkat lunak <i>Scientific</i>, perangkat lunak TEQC dan perangkat lunak GAMIT/GLOBK. Pengolahan menggunakan titik ikat IGS dengan</p>	<p>1. Koordinat stasiun CORS UDIP terdiri dari 2 yaitu koordinat statis dan koordinat dinamis. Koordinat statis yang mengikat ke DGN-95/NI.0259 Orde 1 Badan Informasi Geospasial (BIG) yang mengacu ke ITRF2000 ($X = 438136,37470$; $Y = 9220592,00180$; $Z = 243,05050$). Koordinat dinamis yang mengikat ke 6 stasiun IGS yang mengacu pada ITRF2008 ($X = 438135,0896$; $Y = 9220593,4225$; $Z = 243,2853$).</p> <p>2. Selisih koordinat stasiun CORS UDIP dengan penggunaan titik ikat IGS ITRF2008 dan DGN-95 ITRF2000 <i>epoch</i> 1998 adalah $\pm 90 \text{ cm}$.</p>

No	Judul Penelitian	Metodologi	Hasil
		sistem satelit GNSS. Uji signifikansi beda dua parameter digunakan untuk mengetahui signifikansi perbedaan dua parameter.	<ol style="list-style-type: none"> 3. Pemilihan stasiun IGS sebagai titik ikat antara 4 stasiun IGS dan 6 stasiun IGS ternyata tidak terlihat pengaruh yang besar pada hasil perhitungan koordinat stasiun pengamatan CORS UDIP. 4. Hasil uji statistik pada koordinat GPS WEEK stasiun CORS UDIP dengan menggunakan distribusi <i>fisher</i> dengan selang kepercayaan 95% dinyatakan bahwa antara 4 stasiun dan 6 stasiun memiliki signifikansi.
5	Pendefinisian Koordinat Titik ULPC dengan Titik Ikat IGS dan Ina-CORS Ghifari Alfarizi (2022)	Pengamatan dilakukan menggunakan data CORS ULPC (Universitas Lampung) data yang digunakan adalah data sistem satelit GPS selama 30 hari pada bulan Januari 2022. Pengolahan data dilakukan dengan perangkat lunak TEQC dan perangkat lunak GAMIT/GLOBK. Pengolahan menggunakan sistem satelit GPS dengan tiga cara yaitu, menggunakan titik ikat IGS, Ina-CORS dan Ina-CORS hasil pengolahan sendiri. Uji signifikansi beda dua parameter digunakan untuk mengetahui signifikansi perbedaan dua parameter.	Diharapkan hasil pengolahan penelitian ini mendapatkan hasil sampai fraksi milimeter sehingga mendapatkan koordinat definitif CORS ULPC yang baik dan CORS ULPC bisa digunakan oleh banyak pengguna baik secara <i>realtime</i> maupun secara <i>post-processing</i> .

Berdasarkan tabel 1 penelitian ini merujuk pada beberapa penelitian sebelumnya yang membahas tentang pendefinisian koordinat defenitif dengan pengolahan data menggunakan perangkat lunak ilmiah GAMIT/GLOBK. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada lokasi penelitian, durasi pengamatan, titik ikat yang digunakan dan hasil penelitian. Penelitian ini berfokus pada perhitungan koordinat defenitif titik ULPC serta analisa ketelitian yang dihasilkan dari titik ikat IGS dan titik ikat Ina-CORS.

2.2 GNSS (*Global Navigation Satellite System*)

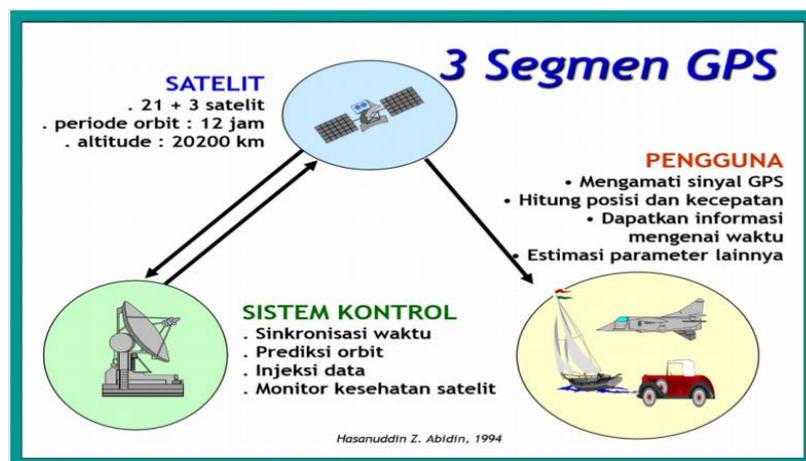
GNSS (*Global Navigation Satellite System*) adalah suatu sistem satelit yang terdiri dari konstelasi satelit yang menyediakan informasi waktu dan lokasi, memancarkan macam-macam sinar dalam berbagai frekuensi secara terus menerus, yang tersedia di semua lokasi diatas permukaan bumi (UNOOSA, 2022). GNSS memiliki peranan penting dalam bidang navigasi, sehingga banyak negara yang sudah mengembangkan teknologi ini antara lain: (i) GPS milik Amerika Serikat (ii) GLONASS milik Uni Soviet. Sedangkan system GNSS yang sedang dikembangkan adalah (iii) Galileo milik Eropa yang dikembangkan Union Europe (UE) bekerjasama dengan ESA, (iv) Beidou milik Cina, (v) IRNSS milik India, dan (vi) QZSS milik Jepang (UNOOSA, 2022).

Teknologi GNSS sudah banyak digunakan untuk berbagai macam kegiatan seperti penentuan posisi, baik itu darat, laut, maupun udara, dan berbagai macam pekerjaan lainnya. Dengan menggunakan satu *receiver (receiver multi-konstelasi)* kita sudah bisa menikmati berbagai macam layanan sistem GNSS seperti *Network RTK*, *Differential GPS* dan *post-processing positioning*, oleh karena itu diperlukan stasiun referensi permanen atau yang sering disebut stasiun CORS (*Continuously Operating Reference Station*) yang menyediakan data GNSS, stasiun CORS sudah banyak tersebar diberbagai belahan dunia dengan ketelitian yang baik, perolehan data yang cepat dan murah.

2.2.1 GPS (*Global Positioning System*)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh amerika (Abidin, 2000). Nama asli sistem satelit ini adalah Navstar GPS, sistem ini menggunakan 24 satelit pada 6 bidang orbit yang diletakkan di orbit bumi. Untuk saat ini, satelit yang digunakan GPS sudah mencapai 31 satelit. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan, dan digunakan untuk menentukan letak, kecepatan, arah, dan waktu. GPS dapat bekerja pada musim apapun dan dimanapun diseluruh permukaan bumi selama 24 jam sehari.

Satelit GPS memutari bumi dua kali sehari dalam orbitnya dan mentransmisikan sinyal informasi ke bumi, didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti dan juga informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia. Satelit GPS terdiri dari tiga segmen, yaitu segmen angkasa (*space segment*) yang terdiri dari satelit-satelit GPS, segmen sistem kontrol (*control system segmen*) yang terdiri dari stasiun-stasiun pengamatan dan pengendali satelit, dan segmen pemakai (*user segmen*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolahan sinyal dan data GPS (Abidin, 2000).



Gambar 1. Segmen GPS
(Sumber: Abidin, 2000)

2.2.2 GLONASS (*Globalnaya Navigacionnaya Sputnikovaya Sistema*)

GLONASS (*Globalnaya Navigacionnaya Sputnikovaya Sistema*) didesain untuk dapat memberikan posisi, kecepatan, dan waktu di permukaan bumi pada setiap saat dan waktu tanpa tergantung cuaca seperti halnya dengan GPS, pembangunan satelit GLONASS dimulai pada tahun 2001 dengan peluncuran satelit ke orbitnya oleh pemerintah Uni Soviet (Rusia) (Wellenhof, 2007). GLONASS baru dibuka untuk publik pada tahun 2007 dan sudah bekerja penuh pada tahun 2011 dengan menggunakan 31 satelit navigasi, tapi beroperasi penuh saat ini hanya ada 24 satelit. Rusia juga menyelesaikan konstelasi satelit navigasi GLONASS pada Desember 2012 (Wellenhof, 2007).

Sekarang sistem satelit GLONASS bisa digunakan sebagai pengganti sistem satelit GPS, yang dimana sistem satelit GLONASS masih terintegrasi dan juga memiliki kesamaan dengan satelit GPS. Satelit GLONASS berada dalam tiga bidang orbit yang kedudukan satelitnya terpisah dengan jarak 120° , satelit ini beroperasi pada ketinggian 19,100 km di atas permukaan Bumi, dengan inklinasi $64,8^\circ$ dan siklus perputaran satelit mengelilingi Bumi 11 jam 16 menit (Bakara, 2011).

2.2.3 Satelit Galileo

Satelit Galileo adalah sistem satelit navigasi global milik Eropa, yang menyediakan layanan penentuan posisi global yang sangat akurat dan terjamin di bawah kendali sipil. Saat ini menyediakan layanan awal, Galileo dapat dioperasikan dengan GPS dan Glonass, sistem navigasi satelit global AS dan Rusia (ESA, 2022).

Pengembangan satelit Galileo ini sebabkan karena tidak ada layanan penyediaan navigasi satelit selain GPS dan GLONASS, yang mana tujuan awal satelit GPS dan GLONASS untuk kepentingan militer. Pada tahun 1990-an Eropa meluncurkan sistem satelit navigasi global sendiri, dengan tujuan untuk kepentingan pembangunan ekonomi dunia dan kepentingan sipil. Pembangunan satelit GLONASS dilakukan oleh Komisi Eropa (*European Comission*) dan ESA

(*European Space Agency*) dan masih dalam tahap pengembangan. ESA bekerja sama dengan *the Galileo Industries Company* sekarang menjadi *the European Satellite Navigation Industries* (ESNI).

2.2.4 Satelit Beidou

Beidou atau *Beidou Navigastion Satellite System* (BDS) adalah system satelit navigasi yang dikembangkan oleh negara china atau tiongkok pada tahun 2000 (Wellenhof, 2007). Satelit ini diberi nama COMPAS tetapi dalam Bahasa China dinamakan Beidou. Satelit Beidou ini memiliki kemampuan yang sama dengan satelit GPS dan GLONASS dimana satelit Beidou bisa memberikan informasi posisi secara akurat, kecepatan, dan waktu secara cepat, dimana saja tanpa adanya pengaruh dari cuaca. Pertama kali diluncurkan satelit Beidou hanya mencakup kawasan Asia-Pasifik. Seiring berkembangnya waktu Beidou sudah mengembangkan cakupannya dan dapat digunakan diseluruh dunia. Dengan adanya satelit Beidou yang dikembangkan oleh China, maka China tidak lagi bergantung pada negara-negara lain untuk keperluan penentuan posisi.

2.2.5 IRNSS (*Indian Regional Navigational Satellite System*)

IRNSS (*Indian Regional Navigational Satellite System*) adalah sistem satelit navigasi yang dikembangkan oleh badan antariksa India, *India Space Research Organisation* (ISRO) yang berada dibawah kontrol pemerintah India (Wellenhof, 2007). Sistem ini dirancang mampu menyediakan jasa informasi posisi lokasi dengan ketelitian yang lebih baik dari 20 meter, bagi seluruh wilayah India dan sekitarnya (radius 1.500 hingga 2000 km) (Sudibyo, 2008). Pada bulan mei 2006 pemerintahan India melakukan pembangunan sistem satelit IRNSS dengan tujuan dapat digunakan oleh pengguna sipil dan dapat digunakan untuk kebutuhan militer.

2.2.6 QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*)

QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*) atau dalam Bahasa Jepang Jun-Ten-Cho mulai dibangun oleh pemerintah Jepang pada tahun 2003 (Wellenhof, 2007). Area layanan QZSS mencakup wilayah Asia Timur dan Oseania, satelit QZSS dikembangkan sebagai sistem pelengkap satelit GPS yang mana dirancang mampu meningkatkan ketersediaan sinyal GPS dan peningkatan performa GPS sebanyak 10%, mencakup keaslian sinyal GPS, dan akurasi posisi. QZSS terdiri 3 satelit yang akan memberikan layanan posisi dan *broadcasting*, setiap satelit QZSS berada pada 3 bidang orbit yang berbeda.

2.3 ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*)

International Terrestrial Reference Frame (ITRF) adalah produk dari *The International Earth Rotation and Reference Systems Services* (IERS) badan yang bertanggung jawab dalam menjaga standar waktu global dan kerangka acuan, terutama melalui kelompok *Earth Orientation Parameter* (EOP) dan *International Celestial Reference System* (ICRS) miliknya, di mana produk IERS yaitu ITRF tersebut dijadikan kerangka referensi sebagai datum geodesi nasional di masing-masing negara di dunia (ITRF, 2022). ITRF dibangun oleh badan GNSS, VLBI, SLR, dan DORIS dan direalisasikan pertama kali pada tahun 1988.

Beberapa pemodelan diaplikasikan untuk kestabilan sistem kerangka referensi ITRF yaitu, dengan menghilangkan pengaruh dari fenomena seperti pembebanan lautan (*ocean loading*), pasang-surut gayaberat Bumi (*earth tides*), dan pembebanan atmosferik, di mana parameter fenomena-fenomena ini juga disebut sebagai '*model terms*', tanpa mengganggu tingkat kestabilan geosenter (Ibid dalam Subarya, 2019). ITRF terdiri dari titik-titik koordinat (X, Y, Z) dan data pergeseran (V_x , V_y , V_z), versi terbaru ITRF 2014. Transformasi koordinat ITRF dapat dilakukan menggunakan nilai-nilai parameter transformasi. Nilai-nilai tersebut diperoleh dari proses perhitungan menggunakan data pengamatan yang ada distasiun ITRF.

2.4 IGS (*International GNSS Service*)

International GNSS Service (IGS) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini dirancang untuk memberikan informasi posisi dan kecepatan 3D serta informasi mengenai waktu, secara terus-menerus di seluruh dunia terlepas dari waktu dan cuaca dan dapat digunakan banyak orang pada saat yang bersamaan. GPS dapat memberikan informasi lokasi dengan akurasi dari beberapa millimeter (orde nol) sampai puluhan meter (Abidin, 2000). Akurasi GPS dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Dalam hal ini kebutuhan pengguna berkaitan dengan keakuratan lokasi yang diinginkan, apakah akurat, sedang atau untuk keperluan navigasi. Penentuan posisi akurat sering digunakan untuk kebutuhan penentuan titik ikat di bidang survei dan pemetaan (Ramadhon, 2015).

IGS secara resmi diperkenalkan oleh *International Association of Geodesy* (IAG) pada tahun 1993 dan mulai beroperasi pada 1 Januari 1994 (Purba, 2013). IGS merupakan lembaga multinasional yang menyediakan data GNSS, informasi orbit GPS dan juga data pendukung penelitian geodetik dan geofisik. IGS terdiri dari stasiun referensi CORS permanen yang tersebar di berbagai negara, ada sekitar 200 organisasi di 75 negara dan lebih dari 300 stasiun dengan *receivers* GNSS dan *dual frequency* yang aktif merekam data setiap hari, data perekaman tersebut tersimpan di pusat data IGS yang dapat diakses oleh siapa saja dan kapan saja. Stasiun CORS IGS digunakan untuk mengimplementasikan ITRF, di mana semua pengamatan GNSS dapat dihubungkan. Selain itu, IGS menyediakan berbagai data satelit seperti data satelit GPS, Beidou, Galileo, dan lain-lain. Data pengukuran digunakan dengan tujuan penelitian dan kebutuhan pekerjaan.



Gambar 2. Persebaran stasiun IGS
(Sumber: <https://www.igs.org/network#station-map-list>)

2.5 Ina-CORS (Indonesia *Continuously Operating Reference Station*)

Indonesia *Continuously Operating Reference Station* (Ina-CORS) merupakan jaring kontrol geodetik aktif milik Indonesia yang berupa stasiun aktif GNSS permanen dengan dilengkapi alat perekam sinyal satelite GNSS, sistem komunikasi data dan juga antena (BIG, 2022). Menurut Peraturan Kepala BIG Nomor 13 Tahun 2021, CORS didefinisikan sebagai Titik Kontrol geodetik dimana pengamatan posisi dilakukan secara terus menerus menggunakan alat GNSS geodetik. Stasiun ini dapat terus menerus menerima sinyal dari satelit GNSS dan dapat menyediakan layanan koreksi posisi kepada pengguna. Dalam pengaplikasiannya, Ina-CORS digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan mulai dari kebutuhan penelitian dan pekerjaan. Hal ini dikarenakan kemampuan Ina-CORS dalam memberikan koreksi posisi berupa koreksi *Real Time Kinematic* (RTK) bagi pengguna yang membutuhkan hasil penentuan posisi secara langsung. Untuk penggunaan yang tidak memerlukan hasil penentuan posisi langsung, pengguna dapat memperoleh hasil penentuan posisi secara *post-processing*.



Gambar 3. Persebaran stasiun Ina-CORS
(Sumber: <https://srgi.big.go.id/jkg-active#>)

2.6 ULPC (Universitas Lampung CORS)

Univeristas Lampung CORS (ULPC) merupakan stasiun aktif milik Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung dengan tipe antenna C220GR2 dan dilengkapi dengan *receiver* CHC N 72 yang dapat merekam data GNSS setiap harinya dua puluh empat jam secara kontinu stasiun ini dapat memberikan informasi posisi 3 dimensi secara akurat. Stasiun ini sudah beroperasi sejak Desember tahun 2021 yang bekerjasama dengan PT. CHC Navigation Shanghai, untuk mendapatkan data dan menggunakan titik ULPC dapat langsung menghubungi pengurus titik CORS ULPC di Gedung G Teknik Geodesi Universitas Lampung.



Gambar 4. Antena CHC C220GR2
(Sumber: <https://www.directindustry.es/prod/chc-navigation-chcnav/product-174453-1993033.html>)



Gambar 5. Receiver CHC N72

(Sumber: <https://chcnv.com/uploads/1495333607129151B6B0.png>)



Gambar 6. CORS ULPC
(Sumber: Dokumen Pribadi)

2.7 SRGI (Sistem Referensi Geospasial Indonesia)

Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI) adalah suatu terminologi modern yang sama dengan terminologi Datum Geodesi Nasional (DGN) yang telah didefinisikan sebelumnya, yaitu sistem koordinat nasional yang konsisten dan kompitibel dengan sistem koordinat global (BIG, 2022). SRGI mempertimbangkan adanya pergerakan bumi berdasarkan fungsi waktu, dan SRGI mendukung kebijakan Satu Peta (*One Map*) di Indonesia. Dengan adanya kebijakan satu peta pembangunan di Indonesia dapat berjalan secara serentak tanpa adanya tumpang tindih kepentingan. Dalam realisasinya sistem referensi geospasial ini dinyatakan dalam bentuk Jaring Kontrol Geodesi Nasional (JKGN) dimana setiap titik kontrol geodesi akan memiliki nilai koordinat yang teliti baik nilai koordinat *horizontal*,

vertikal maupun *gayaberat* (Hajri, 2017). Pembaharuan *sistem referensi geospasial* atau datum geodetik harus dilakukan secara berkala setiap tahunnya karena dinamika bumi yang selalu bergerak dan adanya perkembangan teknologi penentuan posisi berbasis satelit yang semakin akurat.

2.8 Transformasi Antar ITRF

Transformasi koordinat adalah proses pemindahan atau perubahan nilai koordinat dari suatu sistem koordinat ke sistem koordinat yang lain. Perubahan dan pergerakan permukaan bumi menyebabkan posisi titik-titik ITRF selalu berubah sehingga kerangka referensi ini terus diperbarui. ITRF terdiri dari titik-titik koordinat (X, Y, Z) dan data pergeseran (V_x , V_y , V_z) dan mengacu ke sumbu rotasi bumi *epoch* tertentu. Model transformasi ini mempertimbangkan dua faktor, yaitu datum (asal, orientasi dan skala) dan waktu (Hassan et al, 2017).

Proses transformasi antar ITRF dilakukan dengan menggunakan model helmert 14 parameter. Metode transformasi yang digunakan adalah metode transformasi menggunakan prinsip hitung kuadrat terkecil metode kombinasi. Transformasi 14-parameter dapat diaplikasikan untuk transformasi koordinat dari suatu titik pada kerangka acuan global pada waktu t ke kerangka acuan global lainnya pada titik yang sama pada waktu t (Fadly, 2014). Koordinat pada kerangka acuan yy pada epok t_{0y} akan ditransformasikan ke kerangka acuan xx pada epok t_{0x} menggunakan transformasi Helmert. Distribusi stasiun yang digunakan dalam transformasi ITRF nilai parameter transformasi dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Parameter transformasi dari ITRF 2014 ke ITRF 2008

	Parameter Transformasi						
<i>Parameter</i>	T_x (mm)	T_y (mm)	T_z (mm)	$D_{10^{-9}}$ (ppb)	R_x (,001'')	R_y (,001'')	R_z (,001'')
	-1,6	-1,9	2,4	-0,2	0,00	0,00	0,00
<i>Rates</i>	T_x (mm)	T_y (mm)	T_z (mm)	$D_{10^{-9}}$ (ppb/y)	R_x (,001''/y)	R_y (,001''/y)	R_z (,001''/y)
	0,0	0,0	-0,1	0,03	0,00	0,00	0,00

(Sumber: <https://itrf.ign.fr/en/solutions/transformations>)

Secara matematis model transformasi 14-parameter untuk transformasi koordinat antar datum atau kerangka referensi dapat dilihat pada persamaan 1 berikut (Fadly, 2014):

$$X(t)_{xx} = T + ds.X(t_o)_{yy} + K.X(t_{oy})_{yy} + X(t_{oy})_{yy} + [\bar{T} + \bar{ds}.X(t_{oy})_{yy} + K.X(t_{oy})_{yy} + K.X(t_{oy})_{yy} + \bar{X}(t_{oy})_{yy}] (t - t_{ox}) \dots\dots\dots (1)$$

Model matematis untuk transformasi koordinat dari *epoch* t ke *epoch* t_o dapat dilihat pada persamaan 2 berikut (Fadly, 2014):

$$X(t) = X(t_o) + (t - t_o) (V(t_o)) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- X(t)_{xx} : vektor posisi kerangka referensi xx pada *epoch* t
- X(t)_{yy} : vektor posisi kerangka referensi yy pada *epoch* t
- X(t_{oy})_{yy} dan $\bar{X}(t_o)_{yy}$: vektor posisi dan kecepatan kerangka referensi yy pada *epoch* acuan t_{oy}
- t_{ox} : *epoch* acuan dari kerangka referensi xx
- T, ds, K, \bar{T} , \bar{ds} , \bar{K} : 14 parameter transformasi antar kerangka referensi.
- X(t) : vektor posisi *epoch* t
- X(t_o) : vektor posisi *epoch* t_o
- v(t_o) : vektor kecepatan

2.9 Perangkat Lunak GAMIT dan GLOBK

GAMIT (*GPS Analysis Massachusetts Institute of Technology*) perangkat lunak ini mulai dikembangkan tahun 1970-an oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) dan *Scripps Institution of Oceanography* (SIO) perangkat lunak ilmiah ini digunakan untuk melakukan pengolahan data pengamatan GPS secara otomatis yang dijalankan menggunakan sistem operasional linux melalui terminal. Perangkat lunak ini dapat menghasilkan posisi relatif tiga dimensi (X, Y dan Z) pengamat

dengan akurasi tinggi. Perangkat lunak ini membutuhkan delapan macam data input, antara lain (Herring, 2015):

1. *Raw data* dari data pengamatan GPS.
2. *L-file*, memberikan informasi tentang koordinat dari semua stasiun pengamatan dan koordinat titik ikat yang digunakan. Koordinat yang digunakan menggunakan koordinat geosentrik.
3. *File station.info*, memberikan informasi tentang stasiun-stasiun yang digunakan seperti lokasi, tinggi antena, jenis antena, waktu pengamatan dan jenis *receiver*.
4. *File session.info*, memberikan informasi tentang sesi data yang akan diolah, seperti tahun, doy, sesi pengamatan, *sampling rate*, epok dan nomor-nomor satelit).
5. *File Navigasi*, berupa RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*), Navigation Messages maupun ephemeris yang disediakan IGS.
6. *File settbl*, memberikan informasi tentang *control table*.
7. *File sittbl*, memberikan informasi tentang konstrain pada setiap stasiun pengamatan yang digunakan.
8. *File GPS precise ephemeris* yang diperoleh dari IGS dalam format sp3.

Pada proses perhitungan menggunakan perangkat lunak ini melibatkan data pengamatan stasiun Ina-CORS dan IGS yang digunakan sebagai titik ikat. Pengolahan data pada perangkat lunak ini menggunakan algoritma penghitungan kuadran terkecil (*least square*) dengan parameter berbobot untuk mengestimasi posisi relatif dari sekumpulan stasiun, parameter orbit, rotasi bumi, *zenith delay*, dan ambiguitas fase melalui pengamatan *double difference* tetapi pada saat editing GAMIT menggunakan *triple difference* lapangan (Herring, 2015). Hasil akhir dari proses pengolahan perangkat lunak GAMIT, yaitu:

1. *Q-file*, memberikan informasi hasil pengolahan data pengamatan GPS dengan GAMIT.
2. *H-file*, yaitu berisi hasil pengolahan dengan *Lossely Constraint Solutions* yang berupa parameter-parameter yang digunakan serta matriks varian kovarian yang nantinya akan digunakan ketika melakukan *automatic batch processing*

dengan pengolahan lanjutan GLOBK (*Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program*).

3. *Autcln.summary-file*, memberikan informasi tentang *fileautcln.prefit.sum* dan *autcln.post.sum*. Kedua *file* tersebut berisi data statistik hasil *editing* dengan *autcln*.

GLOBK (*Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program*) adalah program yang dapat digunakan untuk menggabungkan dan mengkombinasikan hasil pengolahan data survei terestris dan data survei ekstra terestris. Hasil dari pengolahan menggunakan GLOBK adalah matriks kovarian dari koordinat stasiun, parameter orbit, parameter rotasi bumi dan hasil koordinat pengamatan dilapangan. (Herring, 2015), yaitu:

1. Mengkombinasikan hasil pengolahan harian untuk menghasilkan koordinat stasiun rata-rata dari pengamatan yang dilakukan lebih dari satu hari.
2. Melakukan estimasi koordinat stasiun dari pengamatan individual, yang digunakan untuk menggeneralisasikan data kurun waktu (*time series*) dari hasil data pengamatan harian atau tahunan.
3. Mengkombinasikan sesi pengamatan individu dengan koordinat stasiun dianggap stokastik. Hasilnya adalah koordinat *repeatabilities* untuk mengevaluasi tingkat ketelitian pengukuran harian atau tahunan.

Berikut ini adalah beberapa kekurangan dari GLOBK antara lain:

1. Menghilangkan *cycle slips*, data buruk dan *atmospheric delay modelling errors*.
2. Melakukan *resolving* terhadap ambiguitas fase.
3. Membuat *model linier*, karena proses perataan yang terlalu banyak dijalankan pada koordinat stasiun dan parameter orbit.

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

TEQC (*Translation, Editing, Quality, Checking*) merupakan suatu program *komprehensif* milik UNAVCO yang bisa digunakan untuk mengkonversi *raw* data pengamatan ke format RINEX (*Receiver Independent Exchange*), mengedit *file*

RINEX, dan pengecekan kualitas data RINEX sebelum *post-processing* (UNAVCO, 2020). Secara lebih detail dapat dilihat sebagai berikut (Bimantara, 2021):

1. Mengkonversi data pengamatan dengan format asli biner tertentu (misalnya, format * .hcn) ke dalam format RINEX.
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.

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).

$$t = \frac{\bar{x}_l - \bar{x}_u}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_l} + \frac{1}{n_u}}} \dots\dots\dots (3)$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \dots\dots\dots (4)$$

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 |

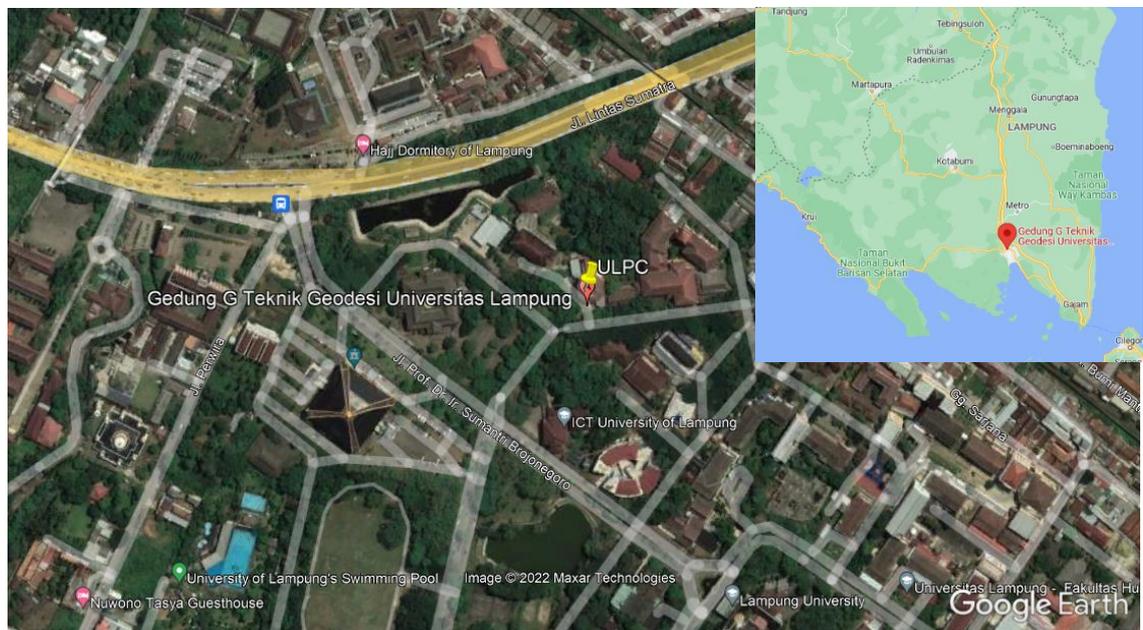
- S_1 : Standar deviasi data pengamatan kelompok 1
 S_2 : Standar deviasi data pengamatan kelompok 2
 n_1 : Banyak data pengamatan kelompok 1
 n_2 : Banyak data pengamatan kelompok 2

Dasar pengambilan keputusan, yaitu H_0 tidak diterima jika nilai T-hitung $>$ Ttabel, 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 Penelitian

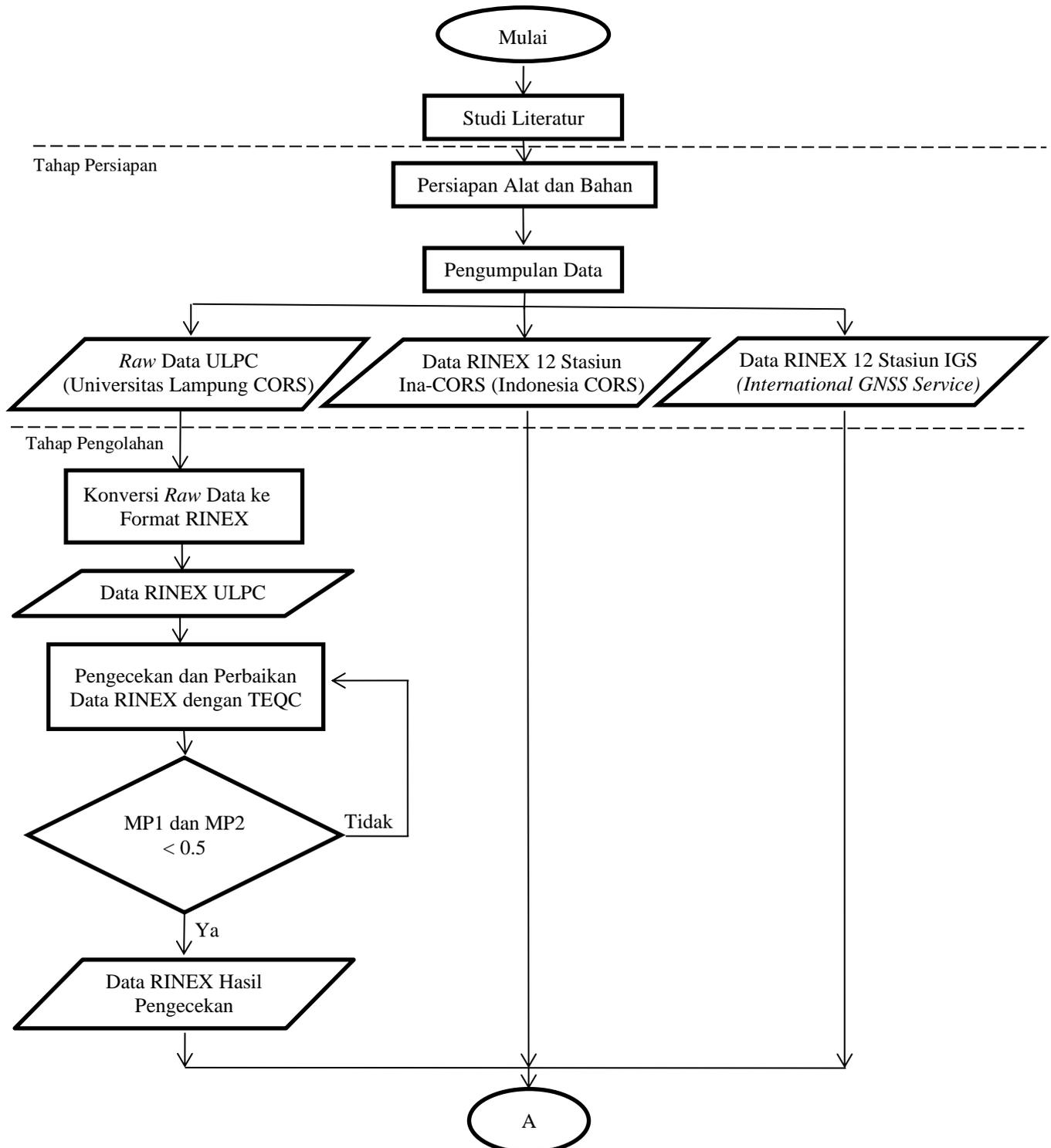
Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Lampung. Titik CORS ULPC berada di Gedung G Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Universitas Lampung.

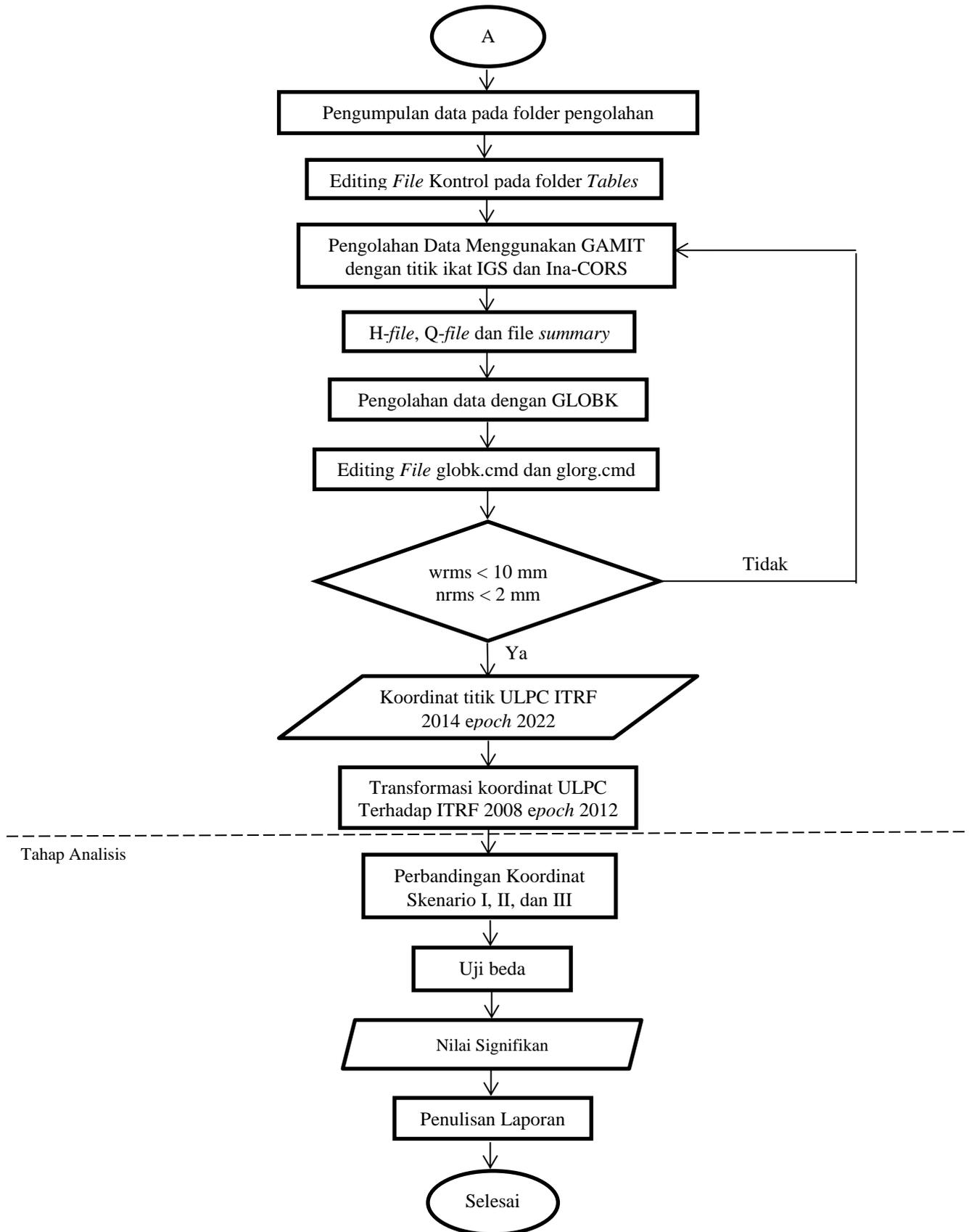


Gambar 7. Lokasi penelitian
(Sumber: hasil modifikasi Google *Earth* dan Google Maps)

3.2 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian ini adalah sebagai berikut:





Gambar 8. Diagram alir penelitian

3.3 Tahap Penelitian

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

3.3.1 Tahap Persiapan

Adapun tahap persiapan ini adalah sebagai berikut:

3.3.1.1 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.

3.3.1.2 Persiapan Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

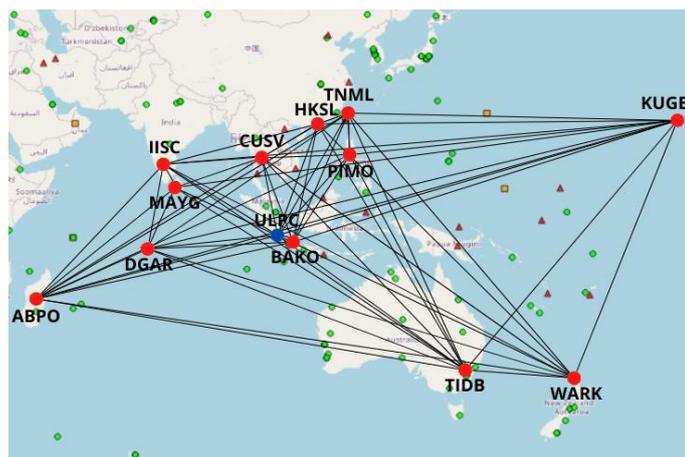
1. Perangkat Keras
 - a. *Receiver* GNSS CHC N 72 tipe antena CHCC220GR.
 - b. Laptop Acer Swift 3 dengan spesifikasi processor i7 Gen 8, RAM 8 GB.
2. Perangkat Lunak
 - a. Sistem Operasi Windows 11 dan Linux Ubuntu 20.04.
 - b. TEQC untuk memotong data RINEX penelitian (per-doy) dan pengecekan kualitas data pengamatan.
 - c. Perangkat lunak GAMIT/GLOBK versi 10.7 untuk pengolahan data.
 - d. *Notepad* untuk pengecekan data.
 - e. *Microsoft Office (Word, Excle dan PowerPoint)* untuk penulisan laporan.

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Data RINEX GPS titik ULPC selama 30 hari pada bulan Januari 2022 menggunakan *receiver* GNSS CHC N 72 tipe antena CHCC220GR. Data titik

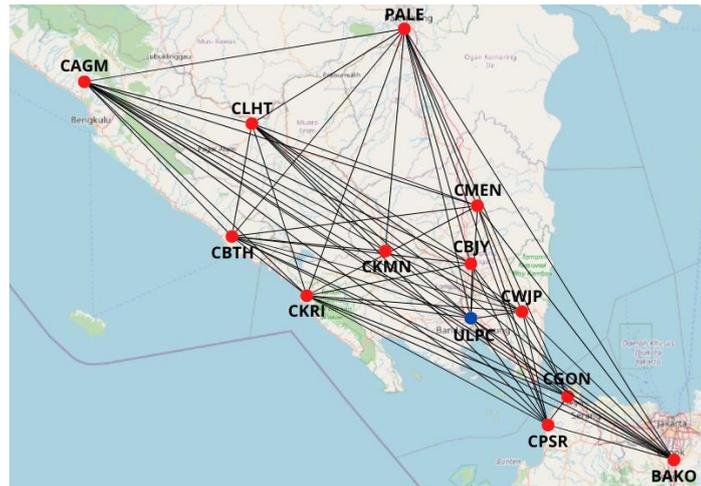
ULPC didapatkan dengan cara langsung menghubungi pengurus titik CORS ULPC di Gedung G Teknik Geodesi Universitas Lampung

2. Data RINEX stasiun IGS, yaitu ABPO, BAKO, CUSV, DGAR, HKSL, IISC, KUGE, MAYG, PIMO, TNML, TIDB, dan WARK selama 30 hari pada bulan Januari 2022 yang berfungsi sebagai titik ikat. Data titik ikat IGS dapat diunduh secara *online* melalui situs <http://sopac.ucsd.edu> (*Scripps Orbit and Permanent Array Center*) atau <http://cddis.nasa.gov> (*Crustal Dynamics Data Information System*).



Gambar 9. Persebaran stasiun IGS yang digunakan dalam penelitian
(Sumber: <https://www.igs.org/network#station-map-list>)

3. Data RINEX stasiun Ina-CORS, yaitu BAKO, CAGM, CBLT, CBTH, CGON, CKMN, CKRI, CLHT, CMEN, CPSR, CWJP, dan PALE selama 30 hari pada bulan Januari 2022 yang berfungsi sebagai titik ikat. Data titik ikat Ina-CORS dapat diunduh melalui <https://srgi.big.go.id/> (Sistem Referensi Geospasial Indonesia).



Gambar 10. Persebaran stasiun Ina-CORS yang digunakan dalam penelitian
(Sumber: <https://srgi.big.go.id/jkg-active#>)

4. Data *precise ephemeris* (orbit IGS Final) doy 1 sampai doy 30 tahun 2022 berformat sp3 merupakan data informasi posisi satelit yang dihitung berdasarkan posisi *tracking satelit* yang sebenarnya. Data ini digunakan untuk pengolahan data sistem satelit GPS agar mendapatkan hasil koordinat pengolahan yang lebih teliti.
5. Data *broadcast ephemeris* (navigasi satelit) doy 1 sampai doy 30 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 ULPC

Data titik ULPC yang di peroleh merupakan *raw data* dengan format *.hcn, yang mana data tersebut harus di lakukan konversi ke fromat RINEX versi 2.11 menggunakan perangkat lunak CGO (*CHC 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

Persiapan proses ini diawali dengan pembuatan folder direktori kerja I, pengolahan titik ULPC pada pengolahan I menggunakan titik ikat IGS, pembuatan folder direktori kerja II pengolahan titik ULPC menggunakan titik ikat Ina-CORS dengan koordinat titik ikatnya yang didapatkan dari hasil pengolahan dari BIG yang terdapat di <https://srgi.big.go.id/jkg-active> dan dilakukan transformasi koordinat menjadi ITRF 2014 *epoch* 2022 dan pembuatan folder direktori kerja untuk pengolahan III titik ULPC menggunakan titik ikat Ina-CORS dengan koordinat titik ikatnya didapatkan dari hasil pengolahan sendiri menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK. Semua folder direktori berada di dalam direktoria *home*, direktori ini berfungsi sebagai tempat untuk melakukan proses pengolahan, Masing-masing direktori kerja pengolahan I, pengolahan II dan pengolahan III berisi beberapa folder, yaitu:

- a. Folder RINEX digunakan untuk menyimpan RINEX data pengamatan maupun data RINEX titik ikat dengan format *file* *.yyo. *File* RINEX titik ikat IGS dapat diunduh secara otomatis pada tahap *automatic batch processing* GAMIT dengan perintah “`sh_get_rinex -archive sopac cdis unavco -yr (yyyy) -doy (ddd) -ndays (num) -sites (4 characters IGS site)`” pada terminal linux sedangkan untuk *file* RINEX titik ikat Ina-CORS hanya bisa diunduh secara manual.
- b. Folder IGS digunakan untuk menyimpan *file* orbit satelit (*precise ephemeris*) dengan format *file* *.sp3. *File* tersebut dapat diunduh secara manual di situs

ftp://cddis.nasa.gov/gnss/products dan bisa juga diunduh secara otomatis pada tahap *automatic batch processing* GAMIT dengan perintah “sh_get_orbits -archive sopac -yr (yyyy) -doy (ddd) -ndays (num) -orbits igsf” pada terminal linux.

- c. Folder BRDC digunakan untuk menyimpan *file navigasi* satelit (*broadcast ephemeris*) dengan format *file *yy.n*. *File* tersebut dapat diunduh secara manual pada situs ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gnss/data/daily dan bisa juga diunduh secara otomatis pada tahap *automatic batch processing* GAMIT dengan perintah “sh_get_nav -archive sopac -yr (yyyy) -doy (ddd) -allnav” pada terminal linux.
- d. Folder *TABLES* digunakan untuk menyimpan *file-file control* yang berkaitan dengan proses pengolahan. *File* tersebut diperoleh secara otomatis oleh GAMIT dengan perintah “sh_setup -yr (yyyy)” pada terminal linux.

Setelah *project* dibuat maka diperlukan *editing file control* pada folder *tables* berfungsi untuk mengatur parameter yang digunakan dalam proses pengolahan menggunakan perangkat lunak GAMIT yang disesuaikan dengan kebutuhan. Adapun *file-file* yang harus dilakukan *editing* adalah sebagai berikut:

- a. *File site.default* merupakan *file* yang digunakan untuk menginput nama-nama stasiun titik pengamatan IGS berupa ABPO, BAKO, CUSV, DGAR, HKSL, IISC, KUGE, MAYG, PIMO, TNML, TIDB, WARK, dan ULPC (pengolahan 1) dan stasiun Ina-CORS berupa BAKO, CAGM, CBLT, CBTH, CGON, CKMN, CKRI, CLHT, CMEN, CPSR, CWJP, PALE, dan ULPC (pengolahan 2 dan pengolahan 3). Penginputan nama stasiun mengikuti format [site] [expt] [opsi]. *Site* dirubah menjadi nama stasiun titik ikat yang digunakan dan titik pengamatan ULPC. *Expt* adalah nama yang digunakan dalam proses pengamatan menggunakan GAMIT/GLOBK. Untuk opsi *localrx* digunakan ketika data RINEX pengamatan telah tersimpan di dalam folder RINEX sedangkan untuk *ftprnx* digunakan untuk melakukan pengunduhan data RINEX secara *online*.
- b. *File process.default* merupakan *file* yang berkaitan dengan perintah pengambilan data pengamatan. Pada proses *automatic batch processing* secara *online* data RINEX dari stasiun IGS akan terunduh secara otomatis, untuk menghindari pengunduhan data yang tidak diperlukan maka diperlukannya *editing* dengan

menggubah set `rx_doy_minus = 1` menjadi 0 yang artinya GAMIT hanya akan mengunduh data RINEX yang sesuai dengan doy pengamatan yang diinputkan yaitu doy 1 sampai doy 30 tahun 2022.

- c. *File* `sittbl` merupakan *file* yang berisikan *constraint* dari setiap stasiun yang diolah. Untuk titik ikat diberikan nilai *constraint* yang kecil atau mendekati 0, pada penelitian ini digunakan nilai *constraint* 0,050 (asumsi stasiun stabil sehingga diberi bobot kecil) dan titik ULPC diberi nilai *constraint* 99,00 yang berarti bahwa koordinat tersebut di *adjust* dengan nilai *constraint* yang besar (asumsi untuk stasiun pengamatan titik ULPC tidak stabil).
- d. *File* `lfile` merupakan *file* yang berisikan koordinat pendekatan (apriori) dari titik ikat dan stasiun yang akan diolah, penyuntingan dilakukan dengan menambahkan nilai koordinat pendekatan yang diperoleh dari apriori masing-masing RINEX.

Setelah semua *control file* data yang dibutuhkan telah siap, selanjutnya pengolahan data satelit GPS menggunakan GAMIT secara otomatis (*automatic batch processing*) yang dilakukan pada terminal linux. Berikut perintah yang digunakan untuk menjalankan pengolahan ini (Herring, 2015):

```
sh_gamit -expt [expt] -s yyyy d1 d2 -pres ELEV -orbit IGSF
```

keterangan:

- [expt] : nama project yang digunakan dalam pengolahan
- s : digunakan apabila pengolahan dilakukan lebih dari satu hari
- yyyy : tahun data pengamatan yang diolah
- d1 : doy awal data pengamatan yang diolah
- d2 : doy akhir data pengamatan yang diolah
- pres : digunakan untuk *plot residu* sebagai *sky plot*
- ELEV : digunakan opsi untuk *plot residu* dan fase *elevation*
- IGSF : digunakan untuk menggunakan orbit IGS final

Hasil pengolahan data menggunakan GAMIT adalah sebagai berikut:

- a. *Q-file*, memuat semua hasil informasi hasil pengolahan data pengamatan yang disajikan dalam dua versi *Biases-free Solution* dan *Bias-fixed Solution*.
- b. *H-file*, berisi berupa parameter-parameter yang digunakan berupa matriks varian kovarian pada pengolahan lanjutan dengan GLOBK.
- c. *Autcl.summary-file*, yang terdiri atas *file autcln.prefit.sum* dan *autcln.post.sum*. Kedua *file* tersebut berisi data statistik hasil editing dengan *autcln*.

Setelah pengolahan data menggunakan perangkat lunak GAMIT ini selesai, perlu adanya evaluasi hasil hitungan nilai *postfit nrms* masing-masing doy untuk mengetahui kualitas data hasil hitungan. Nilai *postfit nrms* yang baik dan bebas *dari cycle slips* adalah $< 0,5$ (Herring, 2015). Selain itu, jika koordinat pendekatan memiliki selisih lebih dari 0,3 m dari koordinat hasil pengolahan, maka perlu dilakukan pengulangan pemrosesan data menggunakan GAMIT hingga koordinat pendekatan yang dihasilkan memiliki selisih kurang dari 0,3 m, hal ini dapat terjadi dikarenakan *bad a priori* koordinat, *poor tracking receiver*, ataupun *ambiguity resolution* yang tidak bisa diperbaiki (Herring, 2010).

3.4.4 Pengolahan Data Pengamatan Dengan GLOBK

Pengolahan yang dilakukan dengan GLOBK bertujuan untuk mendapatkan nilai koordinat defenitif titik ULPC. Data yang digunakan pada pengolahan ini adalah matriks varian kovarian yang dihasilkan dari pengolahan GAMIT yang tersimpan didalam *h-file*. Untuk melakukan pengolahan menggunakan GLOBK perlu adanya editing pada *file globk.cmd* dan *glord.cmd* bertujuan untuk memberikan opsi-opsi yang diperlukan untuk hasil akhir yang kita ingin dapatkan dalam pengolahan dengan GLOBK. Pada *file globk.cmd* bagian *prt_opt* dan *org_opt* perlu dilakukan penambahan opsi BLEN UTM GEOD, Opsi BLEN digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai panjang *baseline* sedangkan UTM dan GEOD digunakan untuk mendapatkan output koordinat *Universal Transver Mercator* (UTM) dan koordinat *geosentrik*.

Editing *file* *glorg.cmd* dilakukan dengan menambah opsi *x* pada baris *command* *source~/gg/tables/igs14_comb.stab_site* yang berarti bahwa *command* tersebut tidak digunakan. *Editing* tersebut dilakukan karena pengolahan tidak menggunakan semua stasiun IGS sehingga harus disesuaikan dengan pengolahan. Penyesuaian dilakukan dengan menambah *command* *stab_site* pada baris selanjutnya yang diikuti dengan nama-nama stasiun IGS sesuai pengolahan. Setelah pengeditan data yang diperlukan selesai selanjutnya adalah menjalankan perintah pada terminal linux. Berikut perintah yang digunakan untuk menjalankan pengolahan ini (Herring, 2015):

```
sh_glred -expt [expt] -s yyyy d1 d2 -opt H G T
```

Keterangan:

- [expt] : nama *project* yang digunakan dalam pengolahan
- s : digunakan apabila pengolahan dilakukan lebih dari satu hari
- yyyy : tahun data pengamatan yang diolah
- d1 : doy awal data pengamatan yang diolah
- d2 : doy akhir data pengamatan yang diolah
- H : konversi *file-file* ASCII yang dihasilkan dari GAMIT ke *file-H* binner sebagai *file* input ke GLOBK menggunakan *htoglb*.
- G : opsi untuk menjalankan *glred* untuk kombinasi atau pengulangan
- T : membaca *output file* solusi dari GLOBK dan plot seri waktu.

Pengolahan menggunakan GLRED menghasilkan koordinat posisi harian dan rata-rata harian tiap stasiun pengamatan beserta nilai simpangan baku. *File* tersebut berada dalam folder *gslon* dengan format nama *file* *globk [nama project] yydd.org*. Untuk mendapatkan nilai koordinat rata-rata maka kita harus melakukan penggabungan dengan cara membuat folder *vslon* dan menyalin data *file* *globk.cmd* dan *glorg.cmd* yang berada di folder *gslon* ke *vslon*. Setelah itu kita membuat *file* di folder *vslon* dengan perintah `ls ../glbf/*glx > [nama project].gdl` dan selanjutnya proses penggabungan dengan melakukan perintah `globk 6 globk_replong.log globk_replong.prt [nama project].gdl globk.cmd file final hasil gabungan koordinat dengan format nama globk_[nama project]_yydd.org`.

3.5 Transformasi Koordinat

Koordinat yang digunakan adalah koordinat geosentris dan geodetik ULPC yang didapatkan dari hasil pengolahan GLOBK. Ada dua proses transformasi, yaitu transformasi ITRF dan transformasi *epoch*. Transformasi koordinat dilakukan untuk mentransformasi koordinat titik ikat stasiun Ina-CORS yang koordinat titik ikatnya didapatkan dari BIG yang terdapat di <https://srgi.big.go.id/jkg-active> dan dilakukan transformasi koordinat dari ITRF 2008 menjadi ITRF 2014 yang mengacu dari *International Terrestrial Reference Frame* (ITRS) dan selanjutnya melakukan transformasi hasil koordinat pengolahan I, II dan III dari ITRF 2014 menjadi ITRF 2008 mengacu kepada Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI) 2013. Transformasi antar ITRF menggunakan metode 14 parameter metode helmert. Proses transformasi ITRF dilakukan menggunakan Microsoft Excel. Pada pengolahan I, II dan III menggunakan *epoch* 2022 *epoch* tersebut harus disesuaikan dengan apa yang digunakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) adalah *epoch* 2012. Transformasi *epoch* dapat dilakukan secara *online* di web SRGI “<https://srgi.big.go.id/transformasi>”.

3.6 Perbandingan Koordinat Hasil Transformasi Terhadap ITRF 2008 *epoch* 2012

Pada penelitian ini, perbandingan hasil koordinat dilakukan dengan tiga skenario. Koordinat yang digunakan adalah koordinat geosentris sumbu X, Y, dan Z. Berdasarkan hasil perbandingan masing-masing skenario, maka skenario yang menghasilkan koordinat dengan paling optimal dapat diketahui dilihat dari nilai perbedaan koordinat yang kecil. Berikut ini skenario yang digunakan:

1. Skenario 1 antara pengolahan I dengan pengolahan II.
2. Skenario 2 antara pengolahan I dengan pengolahan III.
3. Skenario 3 antara pengolahan II dengan pengolahan III.

Berikut model matematik yang digunakan dalam perhitungan:

$$\Delta X = X_{SK\ i} - X_{SK\ ii}$$

$$\Delta Y = Y_{SK\ i} - Y_{SK\ ii}$$

$$\Delta Z = Z_{SK\ i} - Z_{SK\ ii}$$

Dalam hal ini,

ΔX : selisih koordinat sumbu X

ΔY : selisih koordinat sumbu Y

ΔZ : selisih koordinat sumbu Z

SK_i : skenario pertama

SK_{ii} : skenario kedua

3.7 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 pengolahan I menggunakan titik ikat IGS, pada pengolahan II menggunakan titik ikat Ina-CORS yang koordinat titik ikatnya didapatkan dari BIG yang dilakukan transformasi koordinat dari ITRF 2008 *epoch* 2012 menjadi ITRF 2014 *epoch* 2022 dan pengolahan III menggunakan titik ikat Ina-CORS, dimana koordinat titik ikat didapatkan dari hasil pengolahan sendiri menggunakan GAMIT/GLOBK untuk mendapatkan koordinat yang teliti. Peneliti menggunakan uji-t dengan tingkat kepercayaan 95% serta derajat kebebasan (*degree of freedom*; df) dihitung menggunakan persamaan 3 dan 4. Pengujian dalam peneliti ini menggunakan koordinat gabungan 30 hari pengamatan titik ULPC (koordinat *geosentrik*), berikut ini pengujian yang akan dilakukan:

1. Skenario 1 uji beda antara pengolahan I dengan pengolahan II.
2. Skenario 2 uji beda antara pengolahan I dengan pengolahan III.
3. Skenario 3 uji beda antara pengolahan II dengan pengolahan III.

Dengan hasil pengujian menggunakan uji-t dapat diketahui apakah perbedaannya signifikan atau tidak. Jika perbedaan tidak signifikan maka sistem satelit yang diteliti

dapat dikatakan sudah beroperasi dengan baik pada durasi pengamatan dan titik ikat yang sama, tetapi jika perbedaannya signifikan maka perlu dilakukan pengecekan kembali pada durasi pengamatan, jarak serta jumlah titik ikat, pengolahan, ataupun penyebab lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya kesalahan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian ini tentang pendefinisian titik CORS ULPC dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil nilai koordinat titik ULPC terhadap ITRF 2008 *epoch* 2012.

Pengolahan	Koordinat Geosentris		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
I	-1669521,35701	6127189,18423	-592021,11384
II	-1669521,34940	6127189,16000	-592021,11980
III	-1669521,35464	6127189,18158	-592021,11614
Pengolahan	Koordinat UTM 48S (m)		
	East (m)	North (m)	Height (m)
I	9407360.3290736	526789.4392318	154.1008182
II	9407360.3206736	526789.4382318	154.0760182
III	9407360.3264736	526789.4377318	154.0978182
Pengolahan	Koordinat Geodetik		
	Lintang (derajat)	Bujur (derajat)	Tinggi Elipsoid (m)
I	5 ⁰ 21' 41,7" S	105 ⁰ 14' 30,5" E	154,301
II	5 ⁰ 21' 41,7" S	105 ⁰ 14' 30,5" E	154,276
III	5 ⁰ 21' 41,7" S	105 ⁰ 14' 30,5" E	154,297
Pengolahan	Standar Deviasi (m)		
I	0,00416	0,01047	0,00261
II	0,00077	0,00198	0,00050
III	0,00078	0,00196	0,00051

2. Perbedaan koordinat paling kecil dihasilkan pada skenario 2 menghasilkan selisih hingga fraksi milimeter, pada skenario 1 dan 3 pada sumbu X dan Z didapatkan selisih hingga fraksi milimeter sedangkan pada sumbu Y menghasilkan nilai selisih hingga fraksi 2 cm.

3. Hasil pengujian menggunakan uji-t menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada skenario 1, 2, dan 3. Dapat dikatakan bahwa pada pengolahan I, II dan III tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap koordinat definitif ULPC yang dihasilkan.
4. Dalam pendefinisian koordinat CORS ULPC, koordinat yang paling baik digunakan untuk pendefinisian CORS ULPC adalah koordinat hasil pengolahan menggunakan titik ikat Ina-CORS pada pengolahan III, dimana koordinat stasiun titik ikatnya didapatkan dari hasil pengolahan sendiri menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK.

5.2 Saran

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

1. Perlu dilakukan pendefinisian ulang pada titik ULPC secara berkala setiap tahunnya untuk mengetahui tingkat perubahan posisi stasiun CORS ULPC mengingat sifatnya yang dinamis dan adanya perkembangan teknologi penentuan posisi berbasis satelit yang semakin akurat.
2. Perlunya penelitian pengamatan titik ULPC menggunakan data sistem satelit selain GPS seperti menggunakan data GLONASS, BEIDOU, QZSS, IRNSS dan Galileo.
3. Perlu melakukan perbandingan pengolahan menggunakan perangkat lunak ilmiah lainnya untuk dijadikan perbandingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Hasanuddin Zainal. 2000. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya (Vol. 2). PT. Pradya Pramita.
- Badan Informasi Geospasial. 2021. Peraturan Kepala BIG Nomor 13 Tahun 2021. www.peraturan.go.id. Diakses pada 20 Oktober 2022.
- Bakara, Jakondar. 2011. Perkembangan Sistem Satelit Navigasi Global dan Aplikasinya. *Berita Dirgantara*, 12(2), 38–47.
- BIG. 2022. Badan Informasi Geospasial. <https://srgi.big.go.id/page/jaring-kontrol-geodesi>. Diakses pada 20 Oktober 2022.
- Bimantara, Muhammad Bimo., Fadly, Romi., dan Rahmadi, Eko. 2021. Pendefinisian Koordinat ULP2 Terhadap ITRF 2014 Menggunakan kombinasi Satelit GPS dan GLONASS. *Journal of Geodesy and Geomatics (DATUM)*, 1(1), 1–8.
- ESA. 2022. *European Space Agency*. <https://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo>. Diakses pada 20 Oktober 2022.
- Fadly, Romi., dan Dewi, Citra. 2014. Analisis Perbandingan Parameter Transformasi Antar ITRF Hasil Hitungan Kuadrat Terkecil Model Helmert 14-parameter Dengan Parameter Standar IERS. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 18(1), 1–10.
- Gleason, Scott., dan Gabre-Egziabher, Demoz. 2009. *GNSS applications and methods*. Artech House.
- Hajri, Amirul., Yuwono, Bambang Darmo., dan Sasmito, Bandi. 2017. Kajian Penentuan posisi jaring kontrol horizontal dari sistem tetap (DGN-95) ke SRGI (Studi Kasus: Sulawesi Barat). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 48–56.
- Hassan, Tarek W, El-Tokhey, Mohamed., Fath-Allah, Tamer F., dan E.Ragheb, Ahmed. 2017. *Assessment of Different Approaches of Dynamic/Static Datum Transformation in Egypt using Different Plate Motion Models*. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 7(2), 2249–8958.
- Herring, Thomas A., Floyd, Micheal A., King, Robert W., dan McClusky, Simon C. 2015. *GLOBK Reference Manual Release 10.6*. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology.

- Herring, Thomas A., King, Robert W., Floyd, Micheal A., dan Mcclusky, Simon C. 2018. *GAMIT Reference Manual 10.7. In Control (Issue June). Department of Earth, Atmospheric, and Planetary. Science, Massachusetts Institute of Technology.*
- Hofmann-Wellenhof, Bernhard., Lichtenegger, Herbert., dan Wasle, Elmar. 2007. *GNSS - Global Navigation Satellite Systems. Springer Science dan Business Media.*
- ITRF. 2022. *International Terrestrial Reference Frame.*
<https://itrf.ign.fr/en/background>. Diakses pada 20 Oktober 2022.
- Purba, Edy Saputera., Yuwono, Bambang., dan Sabri, Laode. 2013. Penentuan Koordinat Definitif *Epoch* 2013 Stasiun CORS Geodesi Undip dengan Menggunakan Perangkat Lunak Gamit 10.04. *Jurnal Geodesi Undip*, 2(4), 0.
- Putri, Gita Nindya., Fadly, Romi., dan Rahmadi, Eko. 2021. Pendefinisian Koordinat ULP2 Universitas Lampung Terhadap ITRF 2014 Serta Analisa Penggunaan Tiga Macam *Receiver* yang Berbeda. *Journal of Geodesy and Geomatics (DATUM)*, 1(1), 18–27.
- Raharjo, Sugeng., Paripurno, Eko Teguh., Hartadi, Djoko., Alfiani, Oktavia Dewi., dan Apriyanti, Dessy. 2017. Pemantauan Pergerakan Tanah Menggunakan GPS Geodetik (Vol. 1).
- Ramadhon, Syafril. 2015. Analisis Ketelitian Data Pengukuran Menggunakan GPS Dengan Metode Diferensial Statik Dalam Moda Jaring dan Radial. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 5(2), 31–43.
- Restiana, Fadly, Romi., dan Rahmadi, Eko. 2021. Pendefinisian Koordinat ULP2 Universitas Lampung Terhadap ITRF 2014 Menggunakan Titik Ikat IGS Dan CORS Badan Informasi Geospasial. *Journal of Geodesy and Geomatics (DATUM)*, 28–38.
- Saputra, Renaud., Awaluddin, Moehammad., dan Yuwono, Bambang Darmo. 2017. Analisis Deformasi di Wilayah Jawa Timur dengan Menggunakan CORS BIG. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), 422–432.
- Soeprajogo, Magdalena Purnama., dan Ratnaningsih, Nina. 2020. Perbandingan Dua Rata-Rata Uji-T (Pusat Mata Nasional). *Rumah Sakit Mata CICENDO.*
- Subarya, Cecep. 2019. Survei dan Pemetaan Digital di Wilayah Aktivitas Seismik Dinamis. *Dunia Tambang*
- Sudiby, Alexander. 2008. Analisis Ketersediaan Jasa Satelit Penentu Posisi Lokasi Guna Mendukung Program Pengembangan Roket Pengorbit Satelit LAPAN. *Jurnal Analisis Dan Informasi Kedirgantaraan*, 5(1), 1–14.

UNAVCO. 2020. *Translation, Editing, Quality, Checking*.

<https://www.unavco.org/software/data-processing/teqc/tutorial/tutorial.html>. Diakses pada 20 Oktober 2022.

UNOOSA. 2022. *United Nations Office for Outer Space Affairs*.

<https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/gnss/gnss.html>. Diakses pada 20 Oktober 2022.