

**STRATEGI PENDEFINISIAN CORS ULPC DENGAN KOMBINASI
SATELIT GPS DAN GLONASS**

(SKRIPSI)

Oleh:

**DENI ARITONANG
NPM 1765013001**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2022**

ABSTRAK

STRATEGI PENDIFINISIAN CORS ULPC DENGAN KOMBINASI SATELIT GPS DAN GLONASS

Oleh

DENI ARITONANG

CORS adalah suatu teknologi berbasis GNSS berupa jaringan kerangka geodesi yang setiap titiknya dilengkapi dengan *receiver* yang dapat menerima sinyal gelombang dari satelit GNSS secara penuh. CORS beroperasi 24 jam sehari merekam dan mentransmisikan data serta memungkinkan pengguna menggunakan data untuk penentuan posisi baik dalam *post processing* maupun dalam *real time*. Universitas Lampung memiliki stasiun CORS yang dinamakan ULPC letaknya di Gedung G Fakultas Teknik, yang sampai saat ini belum ada kajian tentang koordinat definitif CORS ULPC dengan kombinasi satelit GPS dan GLONASS. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk menentukan koordinat definitif CORS ULPC dengan kombinasi satelit GPS dan GLONASS.

Data yang digunakan yaitu perekaman 30 hari dari tanggal 01 Januari sampai 30 Januari 2022 diikatkan pada 14 titik igs dan 14 titik Ina-CORS. Titik ikat stasiun IGS yang digunakan BAKO, COCO, CUSV, DARW, DJIG, HKWS, IISC, JFNG, KARR, KRGG, MAYG, PNGM, PTGG dan SOLO. Sedangkan, titik ikat Ina-CORS yang digunakan BAKO, CAGM, CBJY, CBLT, CBTH, CGON, CKMN, CKRI, CLHT, CMEN, CPSR, CTRA, CWJP dan PALE. Pengolahan menggunakan software TEQC dan GAMIT. Pengolahan dilakukan dengan tiga skenario pengolahan yaitu skenario I (titik ikat IGS), skenario II (titik ikat Ina-CORS), skenario III (titik ikat Ina-CORS pengolahan Mandiri). Hasil uji signifikansi menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikansi secara statistik.

Hasil penelitian ini berupa koordinat definitif CORS ULPC. Koordinat titik ULPC yang paling baik digunakan yaitu koordinat hasil pengolahan skenario III, berdasarkan nilai rms dan standar yang lebih kecil dari dua skenario lainnya. Hasil analisis dengan uji t dari ketiga skenario pengolahan menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan. Koordinat kartesian, $X = -1.669.521,3552 \pm 0,002$; $Y = 6.127.189,1825 \pm 0,007$; dan $Z = -592021,1165 \pm 0,001$, Koordinat geodetik, $5^{\circ} 21' 41.733''$ S $105^{\circ} 14' 30,480''$ E $154,299$, Koordinat UTM 48S, $5.26789,43803^0$ LS, $94.07360,32647^0$ BT, dan H $154,09832$.

Kata Kunci: CORS, GAMIT, GNSS, ULPC.

ABSTRACT

CORS ULPC DEFINING STRATEGY WITH COMBINATION OF SATELLITE GPS AND GLONASS

By

DENI ARITONANG

CORS is a GNSS-based technology in the form of a geodetic framework network that each point is equipped with a receiver that can receive wave signals from GNSS satellites fully operational 24 hours a day recording and transmitting data and allowing users to use data for positioning both in post processing and in real time. Lampung University has a CORS station called ULPC located in Building G Faculty of Engineering, which until now there has been no study of the definitive coordinates of CORS ULPC with a combination of GPS and GLONASS satellites. Based on these problems, it is necessary to conduct research to determine the definitive coordinates of CORS ULPC with a combination of GPS and GLONASS satellites. The Data used is 30-day recording data from January 01 to January 30, 2022 tied to 14 IGS points and 14 Ina-CORS points. IGS station tie points used BAKO, COCO, CUSV, DARW, DJIG, HKWS, IISC, JFNG, KARR, KRGG, MAYG, PNGM, PTGG and SOLO. Meanwhile, the INA-CORS binding points used BAKO, CAGM, CBJY, CBLT, CBTH, CGON, CKMN, CKRI, CLHT, CMEN, CPSR, CTRA, CWJP and PALE. Processing using TEQC and GAMIT software. Processing is done with three scenarios, namely scenario I (IGs tie point), scenario II (Ina-CORS tie point), scenario III (Ina-CORS tie point Independent processing). Significance tests were performed to see the significance of the resulting coordinate differences statistically. The results of this study in the form of definitive coordinates of the point CORS ULPC. Cartesian coordinates, $X = -1,669,521.3552 \pm 0.002$; $Y = 6,127,189.1825 \pm 0.007$; and $Z = -592021.1165 \pm 0.001$, Geodetic coordinates, $5^{\circ} 21' 41.733''$ S $105^{\circ} 14' 30.480''$ E 154.299 , UTM coordinates $48S, 5.26789, 438030$ LS, $94.07360, 326470$ BT, and H 154.09832 . The best ULPC point coordinates used are the coordinates of the processing results of scenario III, based on a smaller rms value, the difference in calculation, and the resulting standard deviation is smaller than the other 3 scenarios. The results of T-test analysis of the three processing scenarios showed no significant difference.

Keywords: CORS, GAMIT, GNSS, ULPC.

**STRATEGI PENDEFINISIAN CORS ULPC DENGAN KOMBINASI
SATELIT GPS DAN GLONASS**

Oleh

DENI ARITONANG

**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
BANDARLAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **STRATEGI PENDEFINISIAN TITIK CORS
ULPC DENGAN KOMBINASI SATELIT GPS
DAN GLONASS**

Nama Mahasiswa : **Deni Aritonang**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1765013001**

Jurusan : **Teknik Geodesi dan Geomatika**

Fakultas : **Teknik**



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

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

Pembimbing 2

Eko Rahmadi, S.T., M.T.
NIP. 19710210 200501 1 002

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

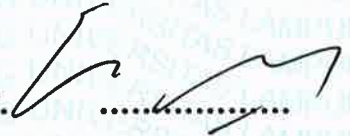
Ketua

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



Sekretaris

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



**Penguji
Bukan Pembimbing**

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



2. Dekan Fakultas Teknik



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

NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 9 Desember 2022

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya Deni Aritonang, NPM 1765013001, dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam skripsi yang berjudul **“STRATEGI PENDEFINISIAN TITIK CORS ULPC DENGAN KOMBINASI SATELIT GPS dan GLONASS”** adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Dosen Pembimbing kesatu 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, 16 Desember 2022
Yang membuat pernyataan

Deni Aritonang
NPM 1765013001

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung pada 13 Desember 1998. Penulis lahir dari pasangan Bapak Rudi Aritonang dan Ibu Sarni yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara yakin Deni Aritonang, Melda Aritonang dan Rafael Aritonang. Jenjang Pendidikan penulis dimulai dengan menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Xaverius Panjang pada tahun 2005 melanjutkan sekolah Dasar di SD Xaverius II Bandar Lampung pada tahun 2005-2011. Sekolah Menengan Pertama di SMPN 12 Kota Bandar Lampung pada tahun 2011-2014. Sekolah Menengah Atas di SMAN 12 Kota Bandar Lampung pada tahun 2014 - 2017.

Tahun 2017 penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur Prestasi Khusus. Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif di berbagai organisasi internal kampus seperti terdaftar sebagai sekretaris komisi IV Dewan Pembina Mahasiswa Fakultas Teknik (DPM) tahun 2017-2018, anggota departemen Sosial dan Politik (SOSPOL) Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FT Unila pada tahun 2018-2019, Anggota Saintek pada tahun 2018-2019, Ketua UKM Karate UNILA 2018-2020, Dewan Penasehat UKM Karate UNILA 2021- 2022. Selain organisasi internal kampus penulis juga aktif di organisasi external kampus seperti menjadi Sekertaris Bidang Pertandingan LEMKARI Lampung.

Tahun 2020 tepatnya pada bulan Januari-Februari penulis melaksanakan kerja praktik (KP) selama 30 hari, penulis melaksanakan kerja praktik di Dinas Hidro-oseanografi TNI Angkatan Laut (Dishidrosal) dengan judul laporan **“Updating PETA LAUT NO. 93 MENGGUNAKAN SOFTWARE CARIS GIS 4.5”**.

Pada tahun yang sama tepatnya bulan Juli – Agustus selama 40 hari penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjung Raya, Kec Kedamaian, Kota Bandar Lampung. Setelah menjalankan KKN penulis melakukan penelitian tugas akhir dengan judul **“STRATEGI PENDEFINISIAN TITIK CORS ULPC DENGAN KOMBINASI SATELIT GPS dan GLONASS”** pada tahun 2022.

P E R S E M B A H A N

Allhamdulilahirabbal' alamin

Rasa 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 :

Teruntuk diriku sendiri, yang sudah berjuang bersama melewati segala hal.
Teruntuk "Kedua orang hebat dalam hidup saya, Bapak dan Ibu. Keduanya lah yang membuat segalanya menjadi mungkin sehingga saya bisa sampai pada tahap ini. Terima kasih atas segala pengorbanan, nasihat dan doa baik yang tidak pernah berhenti kalian berikan kepadaku."

MOTTO

“Setiap proses adalah pembelajaran”.

“Jangan Ukur pencapaian diri kalian Sekarang Tapi 5-10 Tahun Kedepan.”

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 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., 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. Kepada kedua orang tuaku, Bapak Rudy Aritonang dan Ibu Sarni serta Adikku Melda Aritonang dan Rafael Aritonang atas segala doa kesabaran, keiklasan, cinta kasih dan sayang dalam bentuk moril dan materil. Keluarga besar Kakek, nenek, bude, yang selalu memberikan dukungan serta doa untuk penulis.
8. Kepada Rizky Maimun yang membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi
9. Teman-teman seperjuanganku, Team “Sh_Gamit_Get_ST”, Nicolas, Erin, Ghifari dan Nanda atas bantuannya.
10. Terimakasih untuk Group Kontrakan “D8 FAMS “yang menjadi saksi perjuangan skripsi dan support penulis hingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
11. Keluarga besar Marga Aritonang Simare -Mare yang juga telah memberikan dukungan dan bantuan.
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, Ghifari). 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. Teman teman S1 Teknik Sipil 2017 yang juga telah berbagi ilmu dan pekerjaan sehingga menambah pengalaman kerja penulis.
15. Keluarga besar team karate Bushido, pelatih dan Majelis Sabuk Hitam LEMKARI Lampung yang juga sudah memberikan dukungan, nasehat dan arahan yang cukup keras.
16. 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, 4 Desember 2022

Hormat Penulis,

Deni Aritonang

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 GNSS (<i>Global Navigation Satellite System</i>).....	16
2.3 CORS (<i>Continuously Operating Reference Station</i>)	21
2.4 ULPC (Universitas Lampung CORS).....	24
2.5 Ina-CORS (<i>Indonesia Continuously Operating Reference Station</i>)	27
2.6 IGS (<i>International GNSS Service</i>)	28
2.7 ITRF (<i>International Terrestrial Reference Frame</i>)	29
2.8 SRGI (Sistem Referensi Geospasial Indonesia).....	30
2.9 TEQC (<i>Translation, Editing, Quality, Checking</i>)	31
2.10 Perangkat Lunak GAMIT dan GLOBK.....	33
2.11 Transformasi Antar ITRF.....	36
2.12 Metode Penentuan Posisi (Extra – Terestris)	38
2.13 <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	41
2.14 Uji Statistik.....	42
III. METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1 Lokasi Penelitian.....	44
3.2 Diagram Alir Penelitian	45
3.3 Tahap Persiapan	46
3.4 Pengumpulan Data	48
3.5 Pengecekan Kualitas Data Pengamatan Dengan TEQC	49
3.6 Proses Pengolahan dengan GAMIT.....	50
3.7 Transformasi Koordinat	55
3.8 Analisis Perbandingan Hasil Koordinat.....	55
3.9 Uji Signifikansi	56

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	57
4.1 Hasil Pengolahan TEQC	57
4.2 Hasil Pengolahan Data Menggunakan GAMIT	59
4.3 Hasil Pengolahan Data Menggunakan GLOBK	63
4.4. Nilai Standar Deviasi Pengolahan	68
4.5. Perbandingan Selisih Hasil Koordinat	69
4.6. Hasil Uji Signifikansi.....	69
4.7. Transformasi Koordinat Antar ITRF dan Epoch	70
V. SIMPULAN DAN SARAN	72
5.1 Simpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN A	77
LAMPIRAN B	80

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu	7
2. Perbandingan Sistem Satelit GPS dan GLONASS	21
3. Saluran Satelit	25
4. Parameter transformasi dari ITRF 2014 ke ITRF 2008	37
5. Parameter transformasi dari ITRF 2008 ke ITRF 2014	37
6. Titik persentase distribusi t (df = 41 sampai 80).....	43
7. Hasil pengecekan data Rinex menggunakan TEQC	57
8. Koordinat ULPC 30 hari skenario I	64
9. Koordinat ULPC 30 hari skenario II.....	64
10. Koordinat ULPC 30 hari skenario III.....	64
11. Jarak <i>baseline</i>	65
12. Standar deviasi	68
13. Selisih koordinat	69
14. Hasil uji signifikansi	70
15. Hasil transformasi koordinat ULPC.....	71
16. Hasil ketelitian data pengamatan GPS	73
17. Nilai <i>prefit</i> , <i>postfit</i> dan WL GPS skenario I.....	82
18. Nilai <i>prefit</i> , <i>postfit</i> dan WL GPS skenario II.....	83
19. Nilai <i>prefit</i> , <i>postfit</i> dan WL GPS skenario III	84
20. Nilai <i>prefit</i> , <i>postfit</i> dan WL GLONASS skenario I.....	85
21. Nilai <i>prefit</i> , <i>postfit</i> dan WL GLONASS skenario II	85
22. Nilai <i>prefit</i> , <i>postfit</i> dan WL GLONASS skenario III	86
23. Koordinat harian skenario I.....	87
24. Koordinat harian skenario II	88
25. Koordinat harian skenario III.....	90
26. Koordinat titik ikat pengolahan mandiri	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sebaran lokasi CORS BIG di Indonesia	23
2. Alur pengelolaan data CORS	24
3. CORS ULPC	26
4. Antena CHC C220GR2.....	26
5. Reciver CHC N72	26
6. Sebaran lokasi stasiun Ina-CORS	27
7. Persebaran stasiun IGS.....	29
8. Keterangan informasi pada TEQC.....	33
9. Metode <i>absolut positioning</i>	39
10. Metode penentuan diferensial.	40
11. Lokasi penelitian	44
12. Diagram alir penelitian.....	45
13. Persebaran stasiun IGS yang digunakan	47
14. Persebaran stasiun Ina-CORS yang digunakan.....	48
15. Grafik nilai TEQC MP1 dan MP2	58
16. Grafik Nilai TEQC IOD dan MP SLIPS	59
17. Nilai <i>postfit</i> skenario I.....	60
18. Nilai <i>postfit</i> skenario II	61
19. Nilai <i>postfit</i> skenario III	61
20. Perbandingan nilai WL skenario I	62
21. Perbandingan nilai WL skenario II	62
22. Perbandingan nilai WL skenario III.....	63
23. Nilai N _{rms} skenario I.....	66
24. Nilai N _{rms} skenario II.....	67
25. Nilai N _{rms} skenario III	67

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penentuan posisi titik di bumi dapat dilakukan secara terestris maupun secara ekstra-terestris (Hapsari, 2016). Penentuan posisi dengan metode terestris yaitu penentuan dengan melakukan pengukuran langsung di atas bumi, sedangkan ekstra-terestris dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran terhadap obyek/benda di angkasa, baik yang bersifat alamiah seperti bintang, bulan, quasar, maupun yang bersifat buatan manusia seperti satelit buatan manusia (Abidin, 2006). Letak orbit satelit yang cukup tinggi di atas permukaan bumi menjadikan penggunaan satelit dapat mencakup area yang jauh lebih besar. Dalam menentukan posisi lintang dan bujur dalam dua dimensi membutuhkan setidaknya tiga satelit, dan menentukan posisi tiga dimensi membutuhkan setidaknya empat satelit (lintang, bujur, dan ketinggian) metode ini biasa disebut GNSS (*Global Navigation Satellite System*) (Abidin, 2006).

Survei *Global Navigation Satellite System* (GNSS) merupakan suatu cara untuk mengetahui nilai titik koordinat dengan menggunakan bantuan teknologi satelit dengan ketelitian tertentu (Saputra, 2013). Sistem satelit navigasi yang berkembang pertama kali adalah GPS (*Global Positioning System*) yang berasal dari Amerika Serikat, Eropa memiliki satelit Galileo, China memiliki satelit Beidou, Rusia memiliki satelit GLONASS (*Globalnaya navigatsionnaya sputnikovaya Sistema*), Jepang yang memiliki satelit QZSS (*Quasi-Zenith Satellite Systems*) dan India memiliki satelit IRNSS (*Indian Regional Navigation Satellite System*). Orang-orang di seluruh dunia telah menggunakan GNSS secara luas di berbagai bentuk aplikasi dalam penentuan posisi maupun navigasi. Salah satunya di Indonesia,

GNSS digunakan untuk berbagai keperluan terutama pada aplikasi yang membutuhkan informasi tentang penentuan lokasi seperti survei tanah, pemetaan, altimetri, penentuan sistem titik kontrol, baik digunakan untuk skala global, regional dan nasional. Sistem GNSS memberikan informasi waktu dan lokasi yang lebih akurat di permukaan bumi daripada hanya dengan memanfaatkan sistem satelit GPS saja (Ghilani dan Wolf, 2012). Hal ini telah dibuktikan oleh Khomsin dkk (2019) melalui penelitiannya bahwa (1) kombinasi sinyal GNSS antara Beidou dan GPS dapat menghasilkan koordinat 3D dengan lebih baik dan presisi, (2) dengan menggabungkan sinyal GPS dan sinyal GLONASS dapat meningkatkan akurasi menjadi sekitar 1 mm pada *baseline* pendek dan sekitar 1 cm pada *baseline* panjang.

CORS adalah suatu teknologi berbasis GNSS yang berupa jaringan kerangka geodesi yang setiap titiknya dilengkapi dengan alat penerima sinyal yang dapat menerima sinyal gelombang dari satelit GNSS secara penuh dan terus menerus beroperasi 24 jam sehari, 7 hari seminggu, dan merekam dan mentransmisikan data serta memungkinkan pengguna menggunakan data untuk pemosisian baik dalam *post-processing* maupun *real-time* (Ikbal dkk, 2017).

Lembaga internasional yang menyediakan data CORS yang berupa data perekaman satelit GNSS serta informasi *ephemeris* yang dapat digunakan untuk kegiatan ekstra-terrestris adalah IGS (*International GNSS Service*) yang dikelola dan dimiliki oleh Amerika Serikat dan tersebar di seluruh dunia. Indonesia juga memiliki sistem CORS yang letaknya tersebar di seluruh wilayah Indonesia dinamakan Ina-CORS (*Continuously Operating Reference Station of Indonesia*) yang dioperasikan dan dibangun oleh BIG (Badan Informasi Geospasial) (Raharjo, 2017).

Universitas Lampung memiliki satu stasiun CORS yang dinamakan ULPC yang berada di Gedung G Jurusan Teknik Geodesi Universitas Lampung merupakan hasil kerja sama dengan PT. CHC *Navigation Shanghai*. Dalam hal ini sangat penting untuk menentukan nilai koordinat definitif CORS ULPC agar dapat

dijadikan salah satu titik referensi dalam kegiatan pengukuran dan dapat digunakan oleh banyak pengguna. Pada penelitian ini penulis mencoba untuk menentukan nilai koordinat stasiun CORS ULPC dengan memanfaatkan data pengamatan berbasis GNSS yaitu kombinasi satelit GPS, dan satelit GLONASS. Dengan kombinasi dua sistem satelit milik Amerika dan Rusia ini memungkinkan hasil koordinat yang diperoleh menjadi lebih akurat.

Penentuan koordinat ULPC akan dilakukan pengolahan dengan tiga skenario pengolahan. Skenario pertama penulis menentukan koordinat dengan mengolah data dengan pengikatan pada stasiun IGS, skenario kedua penulis menentukan dan mengolah data CORS ULPC dengan pengikatan pada CORS BIG, dan pada skenario ketiga penulis mencoba menentukan koordinat dengan pengikatan pada CORS BIG namun dengan koordinat hasil pengolahan mandiri. Data yang akan digunakan merupakan data perekaman CORS ULPC dengan tipe *receiver* CHC N72 selama 30 hari dengan interval 30 detik. Dalam menentukan koordinat definitif CORS ULPC membutuhkan *software* ilmiah yang mumpuni dan teruji secara keilmuan. Pada penelitian ini penulis menggunakan *software* GAMIT.10.7 untuk mengolah data dan *software* TEQC untuk mengecek kualitas data dari bias dan kesalahan.

1.2 Rumusan Masalah

Stasiun CORS yang baru dibangun di Universitas Lampung tepatnya yang berada di Gedung G Fakultas Teknik akan dijadikan salah satu titik acuan dalam bidang pengukuran ekstra-terestris. Titik ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai kegiatan baik bersifat akademik maupun komersil. Tentu pentingnya dalam mendefinisikan koordinat ULPC dengan baik, agar stasiun CORS ULPC dapat digunakan. Penggunaan GNSS dalam mendefinisikan koordinat ULPC mengacu pada beberapa hal: (1) Penggunaan kombinasi Satelit GPS dan GLONASS yang memiliki karakteristik yang berbeda. (2) Penggunaan titik ikat yang berbeda CORS IGS dan Ina-CORS.

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

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada perumusan masalah tersebut, maka tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai koordinat stasiun CORS ULPC Universitas Lampung dengan kombinasi satelit GPS dan GLONASS.
2. Melakukan uji signifikansi dari setiap skenario pengolahan yang dilakukan.
3. Mendefinisikan koordinat stasiun ULPC dari skenario terbaik.

1.4 Manfaat Penelitian

Penulis berharap untuk pihak pihak yang memerlukannya akan mendapat manfaat dari penelitian ini, baik secara teoritis maupun praktis.:

1. Manfaat teoritis
Penelitian ini dapat memberikan informasi dan wawasan mengenai sistem GNSS dan cara menentukan koordinat dengan penggunaan *software* GAMIT.
2. Manfaat aplikatif
Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan informasi dalam bentuk nilai koordinat dari stasiun CORS ULPC yang akan menjadi acuan titik ikat. Acuan atau titik ikat ini nantinya dapat digunakan untuk beberapa aspek diantaranya, dalam penentuan posisi, pengukuran bidang tanah, penelitian akademik, dan pemantuan penurunan muka tanah

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 berasal dari perekaman CORS ULPC dengan *receiver* CHCNAV tipe N72 selama 30 hari dengan interval 30 detik. Perekaman pada bulan Januari yang dimulai dari doy 1 sampai doy 30 tahun 2022.
3. Pengolahan data stasiun CORS ULPC ini diikatkan terhadap 14 titik ikat IGS antara lain BAKO, COCO, CUSV, DARW, DJIG, HKWS, IISC, JFNG, KARR, KRGG, MAYG, PNGM, PTGG, SOLO.
4. Pengolahan diikatkan pada 14 stasiun Ina – CORS antara lain: BAKO, CAGM, CBJY, CBLT, CBTH, CGON, CKMN, CKRI, CLHT, CMEN, CPSR, CTRA, CWJP, PALE.
5. Memanfaatkan *Software* teqc.exe untuk melakukan pengecekan kualitas data, *Editing* dan pemotongan data RINEX.
6. Pengolahan dilakukan dengan *software* ilmiah yang digunakan adalah GAMIT.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 kombinasi sistem satelit GPS dan GLONAS stasiun CORS ULPC selama 30 hari, yaitu pada tanggal 1 januari sampai dengan 30 januari 2022. Penelitian ini menggunakan 14 titik ikat IGS antara lain adalah BAKO, COCO, CUSV, DARW, DJIG, HKWS, IISC, JFNG, KARR, KRGG, MAYG, PNGM, PTGG, SOLO dan menggunakan 14 titik ikat Ina-CORS antara lain adalah BAKO, CAGM, CBJY, CBLT, CBTH, CGON, CKMN, CKRI, CLHT, CMEN, CPSR, CTRA, CWJP, PALE. Perangkat lunak pengolah data yang digunakan adalah TEQC untuk mengecek kualitas data dan GAMIT/GLOBK untuk mengolah data. Penelitian ini menggunakan penelusuran literatur dari beberapa jurnal penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya untuk penelitian ini. Perbedaan penelitian terdahulu selengkapnya disajikan pada Tabel 1 Berikut adalah penelitian yang dijadikan referensi.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Penulis	Lokasi	Titik Ikat	Durasi Pengamatan Data	Software Pengolahan	Hasil
1	<i>Pemosisian Titik yang Tepat Menggunakan Gabungan Pengamatan GPS dan GLONASS</i>	Changse ng Cai dan Yang GAO (2007)	University of Calgary	IGS	3 Jam	GAMIT dan Globk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konfigurasi sistem satelit GLONASS tidak berpengaruh signifikan terhadap hasil posisi. 2. Geometri satelit mempengaruhi peningkatan waktu konvergensi selama penentuan posisi. 3. Menambahkan sistem satelit GLONASS ke penentuan posisi akan meningkatkan akurasi penentuan posisi
2	Ketepatan Perbandingan KPBU Hanya menggunakan GPS dan Gabungan GPS+GLONASS Satelit di Perkotaan Area: Kasus Belajar di Çorum	Rehamet in Alkan dan Velii Ilci (2014)	Hitit University	Lokal	1 jam	GAMIT dan Globk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dalam hal akurasi, GPS menghasilkan akurasi yang hampir sama, namun dengan perbedaan sekitar beberapa cm. 2. Penggunaan satelit GLONASS + GPS, akurasinya lebih baik daripada untuk GPS. Menambahkan GLONASS dapat meningkatkan akurasi di area perkotaan. 3. Konstelasi GNSS memberikan survei yang lebih handal dan akurat. Secara khusus pada daerah perkotaan yang berhutan lebat, ngarai, pegunungan, tambang terbuka, dan umumnya dimana sinyal satelit diblokir atau mendapat gangguan penghalang lain.
3	Defining the ULP2 Coordinates of the University of Lampung for the 2014 ITRF Using the IGS and CORS Tie Points of the Geospatial Information Agency	Restiana (2020)	Titik ULP2 Universitas Lampung	Ina-CORS dan IGS	Alat Hemisphe re digunakan selama 48 jam, dan alat Hi-Target digunakan selama 48 jam, total pengamatan 96 jam.	GAMIT dan Globk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Koordinat definitif titik ULP2 di UTM zona 48S adalah 5,3620393213m Lintang Selatan dan 105,240057347m Bujur Timur, dengan E = 526596,336 m. Koordinat sistem kartesius tiga dimensi adalah sebagai berikut: X = -1669327,67933 m ± 0,00232 m, Y = 6127212,73483 m ± 0,00173 m, dan Z = -592068,04474 m ± 0,00984 m. 2. Uji-t menunjukkan secara statistik bahwa koordinat skenario I, II, dan III tidak berbeda nyata. 3. Menggunakan titik ikat IGS dengan distribusi titik yang merata menghasilkan titik ikat terbaik untuk menentukan koordinat. Hal ini ditunjukkan oleh standar deviasi yang rendah pada skenario I, yang memiliki akurasi 0,00233 mm pada sumbu X

							<p>dan skenario II, yang memiliki akurasi 0,00170 mm pada sumbu Y dan Z 0,00900 mm.</p> <p>4. Konfigurasi net yang baik dapat dicapai dengan menggunakan tie point yang memiliki distribusi poin yang merata. Rasio nilai lajur sempit yang melebihi 80% yang dihasilkan dari skenario I adalah buktinya.</p> <p>5. Dengan nilai simpangan baku kecil pada arah E = 2,4 mm, N = 1,8 mm, dan h = 9,9 mm, panjang baseline terbaik adalah antara 565 dan 2,806 km. Titik ikat skenario I, yang terdistribusi secara merata terlepas dari jarak, digunakan untuk menghasilkan hasil ini.</p>
4	Defining ULP2 Coordinates to ITRF 2014 Using a Combination of GPS and GLONASS Satellites	Muhammad Bimantara (2020).	Universitas Lampung	IGS	40 Jam	GAMIT dan GLOBK versi 10.7	<p>1. Pengolahan koordinat menunjukkan bahwa titik definitif ULP2 terletak pada -1669327,66710 (X), 6127212,68640 (Y), dan -592068,03845 (Z), sehingga koordinat geodetiknya adalah -5,3620393069 (lintang), 105,2400573554 (bujur), dan 130,56824 meter (tinggi ellipsoid), dan bahwa koordinat UTM untuk zona 48S adalah</p> <p>2. Analisis mengungkapkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan secara statistik antara nilai koordinat yang dihasilkan oleh sistem satelit GLONASS dan yang dihasilkan oleh sistem satelit GNSS atau sistem satelit GPS</p>
5	Perbandingan Koordinat GPS dan GLONASS Hasil Pengolahan	Jekson Eduard Tauho (2017)	Universitas Pakuan	CORS Nasional	1-2 Jam	Bernese Versi 5.0	<p>1. Meskipun kinerjanya luar biasa, satelit GLONASS belum mampu memberikan akurasi yang tepat. Perbedaan besar dalam koordinat antara GLONASS, GPS, dan GNSS mencontohkan hal ini.</p> <p>2. 2.dari hasil pengolahan data GPS, GLONASS, dan GNSS. Komponen X dan Z pada proses GLONASS memiliki RMSE (<i>Root Mean Square Error</i>) terbesar, sedangkan komponen Y pada proses GPS memiliki RMS error terkecil</p>

2.2 GNSS (*Global Navigation Satellite System*)

Sistem Satelit Navigasi Global atau GNSS adalah sistem navigasi untuk menemukan posisi seseorang di permukaan bumi (Gleason dan Grebe-Egziabher, 2009). GNSS adalah sistem satelit yang terdiri dari kumpulan satelit yang menyediakan informasi waktu dan posisi. GNSS memainkan peran penting dalam navigasi. GNSS saat ini yang mendominasi adalah GPS yang dimiliki dan dioperasikan oleh Amerika Serikat, GLONASS oleh Rusia, Galileo oleh Eropa dan Beidou milik Cina. India dan Jepang telah mengembangkan kemampuan GNSS regional dengan meluncurkan beberapa satelit ke luar angkasa untuk menambah kemampuan yang telah disediakan oleh sistem global sehingga dapat membagikan informasi data waktu dan posisi dengan ketelitian yang lebih baik. Berbagi data waktu dan posisi secara global dengan transmisi melalui gelombang adalah tujuan GNSS. Proses menemukan posisi dengan mengamati dan mengukur satelit atau benda langit lainnya dikenal sebagai GNSS, dan ini adalah metode pengukuran ekstra-terestris. Dalam proyek seperti penentuan jarring titik control, konstruksi, pemetaan rinci dan topografi, serta pemetaan batas, teknologi GNSS sering digunakan (Khomsin dkk. 2019) telah melakukan penelitian terkait penggunaan GNSS seperti yang ditunjukkan di bawah ini:

1. Koordinat tiga dimensi dapat dihasilkan dengan lebih baik dan presisi dengan menggabungkan sinyal Beidou dan GPS GNSS.
2. Akurasi dapat ditingkatkan hingga kira-kira 1 milimeter pada jarak *baseline* yang pendek serta kira-kira 1 cm untuk *baseline* panjang dengan menggabungkan sinyal GPS dan sinyal GLONASS.

Pemosisian titik tunggal, yang hanya membutuhkan satu penerima GNSS yang mampu menerima sinyal dari setidaknya empat satelit untuk mendapatkan data koordinat 3 dimensi dari titik yang akan diposisikan, adalah metode penentuan posisi GNSS yang paling mendasar (Han dkk., 2012). Namun, ketelitian posisi dengan metode tersebut dipengaruhi oleh berbagai bias dan kesalahan (Abidin, 2006).

Untuk mendapatkan data koordinat yang lebih tepat, diperlukan metode penentuan posisi yang relatif diferensial untuk menghilangkan atau mengurangi berbagai kesalahan dan bias tersebut (Han dkk, 2012). Satu penerima GNSS ditempatkan pada titik ikat pemetaan yang koordinatnya diketahui, atau pangkalan, dan penerima lain ditempatkan pada titik yang koordinatnya akan ditentukan, atau penjelajah, untuk secara bersamaan menentukan posisi relatif dari *diferensial* minimum. Ketika proses diferensiasi dilakukan, kesalahan ini secara alami akan dihilangkan atau berkurang, yang akan mempengaruhi koordinat yang lebih tepat dihasilkan. Data pengukuran didasarkan pada hasil perekaman bahwa *receiver* di pangkalan dan *rover* yang mengamati satelit yang sama secara bersamaan memiliki kesalahan dan bias yang relatif sama (Abidin, 2006).

Proses *differencing* pada metode penentuan secara relatif sendiri dapat dilakukan secara *post-processing* dan *real-time* (Abidin, 2006). Pada proses secara *post – processing*, pengurangan (*differencing*) data antara *base* dan *rover* memerlukan bantuan perangkat lunak, sehingga koordinat yang dihasilkan oleh *rover* didapatkan setelah proses pengolahan data. Sedangkan untuk proses secara *real time*, data satelit pada *base* dikirimkan melalui sinyal radio frekuensi sangat tinggi (VHF) menuju ke *rover*. Sehingga proses pengurangan (*differencing*) dan reduksi data antara *base* dan *rover* terjadi di *receiver* GNSS. Hal ini memungkinkan data koordinat yang diterima di *rover* merupakan data yang *realtime* dengan kesalahan dan bias yang sudah tereliminasi. Akan tetapi dalam mengimplementasikan metode penentuan posisi secara *real-time* masih terdapat kendala, terutama terkait keterbatasan jangkauan sinyal radio antara *base* dan *rover* (Dammalage dan Samarakoon, 2008).

2.2.1 Global Positioning System (GPS)

Amerika Serikat memiliki dan mengoperasikan sistem navigasi dan penentuan posisi satelit yang dikenal sebagai GPS. Sistem ini didesain untuk secara terus-menerus membagikan posisi dan kecepatan tiga dimensi dan informasi tentang waktu kepada banyak orang secara simultan di seluruh dunia tanpa tergantung

waktu dan cuaca (Abidin, 2006). Segmen luar angkasa terdiri dari satelit GPS, segmen sistem kontrol terdiri dari stasiun pemantauan dan kontrol satelit; dan segmen pengguna terdiri dari pengguna GPS, ketiga segmen utama ini yang membentuk GPS. Termasuk perangkat yang memproses data dan sinyal GPS. Satelit GPS pada dasarnya terdiri dari solar panel, komponen internal dan komponen eksternal.

Di Indonesia, GPS digunakan pada navigasi pelayaran, navigasi penerbangan, navigasi kendaraan darat, sampai penggunaan ojek *online*, serta di berbagai hal yang terkait dengan penentuan posisi ataupun perubahan posisi. GPS memiliki kelebihan dan kekurangan, baik dari segi pengoperasian maupun kualitas data posisi yang disediakan, jika dibandingkan dengan sistem dan metode pembiayaan posisi lainnya. Faktor pendukung penggunaan GPS, seperti biaya posisi (Abidin, 2006):

1. GPS digunakan setiap saat tanpa tergantung waktu dan cuaca.
2. Satelit GPS memiliki ketinggian orbit sekitar 20.000 km di atas permukaan bumi, dan jumlahnya 24 satelit.
3. Seperti pada saat pengukuran poligon, GPS dapat menentukan posisi relatif tidak terlalu terpengaruh dengan kondisi topografis daerah survei dibandingkan dengan penggunaan metode terestris.
4. Posisi yang ditentukan relatif teliti dan mudah direalisasikan, yaitu datum WGS (*World Geodetic System*) 1984.
5. GPS dapat memberikan ketelitian posisi yang spektrumnya cukup luas.
6. Sistem GPS dipakai secara gratis jika pengguna memiliki *receiver*.
7. Alat penerima sinyal (*receiver*) GPS cenderung menjadi lebih kecil ukurannya, lebih murah harganya, lebih baik kualitas data yang diberikannya, dan lebih tinggi keandalannya.
8. Pengoperasian alat penerima GPS untuk penentuan posisi suatu titik mudah dan tidak mengeluarkan banyak tenaga.
9. Pengumpul data (*surveyor*) GPS tidak dapat memanipulasi data pengamatan GPS seperti halnya yang dapat dilakukan dengan metode pengumpulan data terestris metode poligon.

10. Semakin banyak instansi di Indonesia yang menggunakan GPS dan juga semakin banyak bidang aplikasi yang potensial di Indonesia yang dapat ditangani dengan menggunakan GPS.

2.2.2 GLONASS (*Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*)

GLONASS dikembangkan oleh Uni Soviet sebagai sistem komunikasi militer eksperimental selama tahun 1970-an. GLONASS merupakan aplikasi yang memiliki kemampuan sistem untuk mengirimkan siaran cuaca, komunikasi, navigasi, dan data pengintaian. Satelit GLONASS pertama diluncurkan pada tahun 1982 dan sistem tersebut dinyatakan beroperasi penuh pada tahun 1993. Setelah periode di mana kinerja GLONASS menurun, Rusia berkomitmen untuk meningkatkan sistem tersebut hingga minimal 18 satelit aktif yang diperlukan.

Ada 24 satelit di segmen ruang angkasa GLONASS, tersebar di tiga bidang orbit dengan delapan satelit per bidang.

Geometri konstelasi GLONASS berulang sekitar sekali setiap delapan hari. Periode orbit setiap satelit kira-kira $8/17$ hari sidereal sehingga, setelah delapan hari sidereal satelit GLONASS telah menyelesaikan tepat 17 putaran orbit. Setiap orbit berisi delapan satelit dengan jarak yang sama. Setiap hari, salah satu satelit akan berada di lokasi langit yang sama pada waktu sidereal yang sama setiap hari. Satelit ditempatkan di orbit melingkar nominal dengan kemiringan target 64,8 derajat dan radius 19.140 km, kurang lebih 1.060 km dari radius orbit satelit GPS. Satelit yang diidentifikasi oleh sinyal GLONASS meliputi:

1. Data posisi, kecepatan, dan percepatan satelit digunakan untuk menentukan lokasinya.
2. Data kesehatan dari satelit.
3. Perbedaan waktu antara GLONASS dan UTC (*Universal Coordinated Time*).
4. Semua almanak satelit GLONASS lainnya

Pusat kendali sistem dan jaringan stasiun pelacakan komando yang tersebar di seluruh Rusia membentuk segmen kendali GLONASS. Serupa dengan GPS, segmen kontrol GLONASS menentukan koreksi *ephemeris*, *offset* jam satelit sehubungan dengan waktu GLONASS dan UTC, serta memantau kesehatan satelit. Kode P atau juga dikenal sebagai kode HP digunakan oleh setiap satelit GLONASS untuk mentransmisikan pada frekuensi L1 dan L2, sedangkan kode C/A juga dikenal sebagai kode SP digunakan pada *frekuensi* L1 dan L2. Untuk pembagian *frekuensi multiple access* satelit GLONASS mentransmisikan kode yang sama pada frekuensi yang berbeda menggunakan FDMA. Perlu diingat bahwa ini tidak sama dengan metode GPS.

Sinyal GLONASS memiliki polarisasi (orientasi gelombang elektromagnetik) yang sama dengan sinyal GPS, dan memiliki kekuatan sinyal yang sebanding. Sistem GLONASS didasarkan pada 24 satelit menggunakan 12 frekuensi. Satelit dapat berbagi *frekuensi* dengan memiliki satelit antipodal yang mentransmisikan pada *frekuensi* yang sama. Satelit antipodal berada pada bidang orbit yang sama tetapi dipisahkan oleh 180 derajat. Satelit yang dipasangkan dapat mentransmisikan pada frekuensi yang sama karena mereka tidak akan pernah muncul pada saat yang sama dalam pandangan penerima di permukaan bumi.

Modernisasi GLONASS karena satelit GLONASS-M telah mencapai akhir masa pakainya, satelit tersebut akan diganti dengan satelit GLONASS-K generasi berikutnya. Satelit baru akan menyediakan sistem GLONASS dengan sinyal GNSS baru. Satelit GLONASS diantaranya:

1. Sinyal sipil baru, dengan nama kode L3, akan disiarkan dari blok pertama satelit GLONASS-K (GLONASS-K1) pada 1202.025 MHz. L3, berbeda dengan sinyal GLONASS yang saat ini digunakan. Didasarkan pada CDMA yang akan mempermudah bekerja dengan GPS dan Galileo. Pada bulan Februari 2011, satelit GLONASS-K1 pertama diluncurkan
2. CDMA L1 dan L2 blok satelit GLONASS-K kedua atau GLONASS-K2 menambahkan dua sinyal berbasis CDMA tambahan yang beroperasi pada frekuensi L1 dan L2. Untuk mengakomodasi penerima yang lebih tua siaran

FDMA L1 dan L2 yang masuk sinyal akan berlanjut. Peluncuran satelit GLONASS-K2 diperkirakan akan dimulai tahun 2015.

3. L5 Sinyal L5 akan ditambahkan ke sistem GLONASS oleh blok ketiga satelit GLONASS-K (GLONASS-KM).

Tabel 2. Perbandingan sistem satelit GPS dan GLONASS

Paramater	GPS	GLONASS
Bidang Orbit	6 Orbit, spasi 60°	3 Orbit, spasi 120°
Jumlah Satelit per Orbit	4 buah, dengan spasi tidak sama	8 buah, dengan spasi sama
Inklinasi Orbit	55°	64,8°
Radius Orbit	26.560 km	25.510 km
Ketinggian Orbit	20.180 km	19.100 km
Periode Orbit	½ hari bintang ≈ 11 jam 58 menit	8/17 hari bintang ≈ 11 jam 16 menit
Eksentrisitas Orbit	0 (lingkaran)	0 (lingkaran)
Gelombang Pembawa	L1 = 1575.42 Mhz L2 = 1227.60 Mhz	L1 = (1602 + 9k/16) Mhz L2 = (1246 + 7k/16) Mhz K = nomor kanal (<i>Channel</i>)
Kode (<i>Code</i>)	Berbeda untuk setiap satelit Kode-C/A pada L1 Kode-P pada L1 dan L2	Sama untuk seluruh satelit Kode-C/A pada L1 Kode-P pada L1 dan L2
Frekuensi Kode	Kode C/A = 1,023 MHz Kode-P = 10,23 MHz	Kode C/A = 0,551 MHz Kode-P = 5,11 MHz
Data Jam (<i>Clock</i>)	<i>Clock offset, frequency offset, dan frequency rate</i>	<i>Clock dan frequency offset</i>
Data Orbital	Elemen-elemen orbital keplerian dan parameter pertubasinya	Koordinat, kecepatan, dan percepatan satelit (9 parameter)
Sistem Koordinat	<i>Earth-Centered Earth Fixed</i>	<i>Earth-Centered Earth Fixed</i>
Datum Geodetik	<i>World Geodetic System 1984</i>	<i>Earth Parameter System 1990</i>
Referensi Waktu	UTC (USNO)	UTC (SU)

Sumber: (Abidin, 2006 dalam Bimo, 2021)

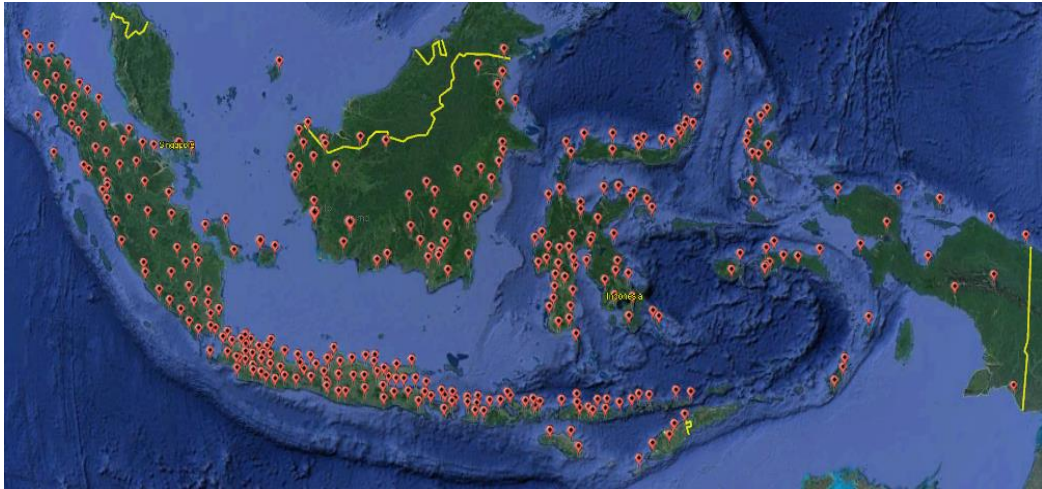
2.3 CORS (*Continuously Operating Reference Station*)

Teknologi dengan basis GNSS yang dikenal dengan CORS merupakan jaringan kerangka kerja geodetik dengan alat penangkap gelombang yang dapat menangkap sinyal dari satelit GNSS yang beroperasi penuh dan terus menerus, tujuh hari seminggu, 24 jam sehari, tujuh hari seminggu dengan mengumpulkan, merekam,

mengirim, dan memungkinkan pengguna untuk menggunakan data pemosisian secara *real-time* dan *post-processing* (Saputra dkk., 2015). *National Geodetic Survey* (NGS) memperkenalkan CORS untuk pertama kalinya pada tahun 1986 dengan nama *Cooperative International GPS Network* atau disebut CIGNET. Penerima GPS berkualitas tinggi dengan frekuensi ganda disediakan di setiap lokasi CIGNET. NGS membentuk jaringan CORS pada tahun 1994 dengan stasiun di sejumlah lokasi termasuk Institut Standar dan Teknologi Nasional. Selain itu, beberapa lokasi CIGNET telah diubah menjadi stasiun CORS.

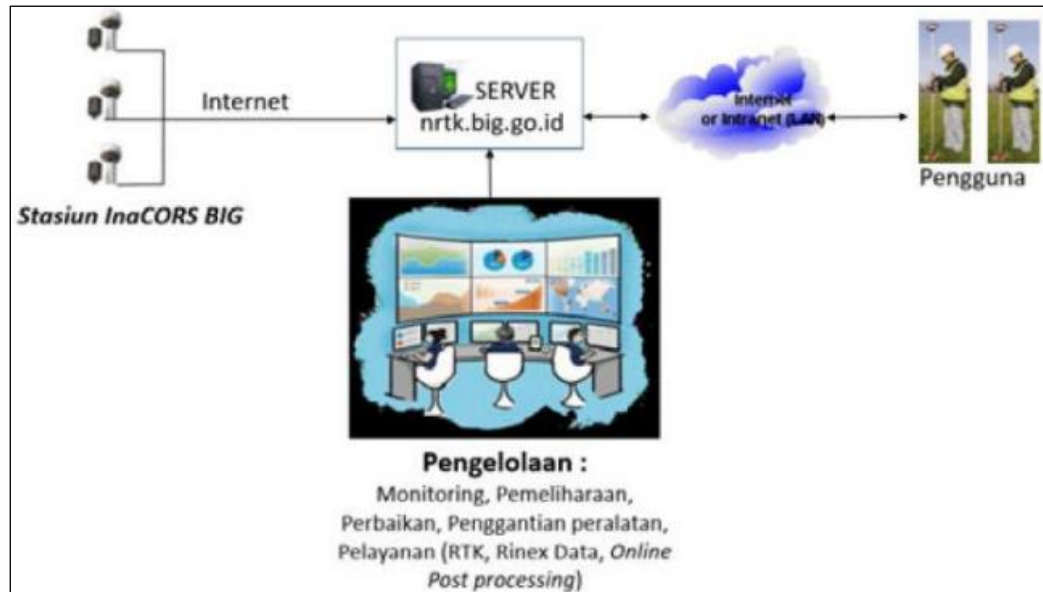
Di Indonesia, sejumlah instansi pemerintah termasuk BIG dan BPN bertanggung jawab atas pemasangan stasiun CORS dan sebagai penanggung jawab atas pemeliharannya. BIG telah mengerjakan Ina-CORS versi percontohan pertama sejak tahun 1996, namun Ina-CORS belum sebaik jaringan CORS negara - negara lain hingga saat ini. Misalnya Jepang yang memiliki luas daratan 377.972 km² memiliki 1.240 stasiun CORS pada tahun 2012 (Imakiire, 2012), sedangkan Indonesia yang memiliki luas daratan 1,91 juta km² hanya memiliki sekitar 285 stasiun CORS pada tahun 2018. Dengan 71 stasiun, pulau Jawa menjadi pulau dengan stasiun CORS terbanyak. Adanya jumlah tersebut stasiun CORS diharapkan dapat berkembang menjadi sistem yang aktif dan serbaguna di tahun-tahun mendatang.

Pengaplikasian CORS dapat mendapatkan ketelitian tinggi dengan tingkat efektifitas yang tinggi. Awalnya, menentukan posisi relatif dengan memanfaatkan GNSS dapat dilaksanakan dengan pengamatan dengan durasi waktu yang tergolong cukup lama yaitu dengan menggunakan metode *post processing* dan memerlukan dua perangkat dalam melakukan pengukuran. Namun saat ini dengan adanya CORS proses pengukuran relatif dapat dilakukan lebih cepat dan lebih efektif secara *real time*. CORS ini merupakan konstelasi penerima sinyal yang dapat menerima sinyal dari satelit GPS dan satelit GNSS lainnya serta beroperasi terus menerus selama dua puluh empat jam menjadikan perangkat ini sebagai stasiun permanen dari jaringan bingkai geodetik aktif. Sebaran stasiun CORS milik BIG ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Sebaran lokasi CORS BIG di Indonesia
(Sumber: <http://Ina-CORS.big.go.id>, 2022)

Menurut Manurung (2012), demi tercapainya penyediaan kerangka referensi dalam medan gravitasi, rotasi bumi dan geokinetika dibutuhkan *observasi* secara berkelanjutan. Untuk itu, CORS dapat dengan cepat menentukan posisi dan menampilkannya secara *real time*, memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi yang akurat tanpa dibatasi oleh waktu. Saat melakukan pengukuran GNSS menggunakan metode *Real-Time Kinematic Networked Transfer* (RTCM) *via Internet Protocol* (RTK NTRIP), CORS biasanya digunakan sebagai titik ikat. *Rover* dapat diikat menggunakan fungsi di CORS yang ada di titik pengamatan. *Rover* akan menerima koreksi dari CORS, yang berfungsi sebagai stasiun referensi untuk menemukan koordinat titik pengamatan. Menggunakan metode GNSS *diferensial* (DGNSS), basis tunggal RTK, atau *network base* RTK (NRTK), hasil data pengamatan dari satelit GNSS akan ditransmisikan dari stasiun CORS ke segmen kontrol untuk disusun, dianalisis, diproses, diarsipkan, dan didistribusikan kepada pengguna di lapangan secara *real-time* untuk penentuan posisi. Model geoid global, nasional, dan lokal dapat digabungkan dengan penentuan posisi CORS pada tingkat praktis dalam bentuk tiga dimensi. (Sabri, 2019).



Gambar 2. Alur pengelolaan data CORS
(Sumber: Chiuman dkk, 2022)

Tingkat lingkup cakupan CORS tentunya sangat tergantung pada jangkauan jaringan telekomunikasi. Estimasi cakupan CORS lebih dari 30 km untuk teknik RTK berbasis tunggal dan lebih dari 50 km untuk strategi RTK berbasis jaringan (Fajari, 2011). Salah satu stasiun CORS yang beroperasi yaitu CORS ULPC, yang berada di Gedung Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Lampung.

2.4 ULPC (Universitas Lampung CORS)

ULPC adalah singkatan dari Universitas Lampung CORS, sebuah stasiun pemantauan aktif berbasis GNSS. Stasiun ini dimiliki oleh Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung dan bekerja sama dengan PT CHC *Navigation* Shanghai sejak Desember 2021, stasiun ini dapat memberikan informasi lokasi tiga dimensi. Untuk informasi dan penggunaan titik ULPC, *user* dapat menghubungi pengelola ULPC-CORS di gedung G Teknik Geodesi Universitas Lampung. CORS ULPC dilengkapi dengan antenna tipe C220GR2, tipe antenna ini berkerja dengan cara menggabungkan kinerja antenna *choke-ring* seperti alat GNSS pada umumnya tapi dikemas didalam wadah yang ringkas dan ringan. Sangat cocok untuk aplikasi geodesi presisi tinggi seperti CORS GNSS dan pemantauan deformasi karena pusat

fasenya yang stabil, polarisasi melingkar sudut lebar, dan pelacakan elevasi rendah dengan penolakan *multipath* yang optimal. CHC Navigation Antena C220GR2 dilindungi oleh *radome antiultraviolet* kedap air, yang dibuat untuk tahan terhadap segala jenis cuaca, termasuk suhu ekstrem. Untuk penggunaan jangka panjang, CHC Navigation Antenna C220GR2 dapat beroperasi secara terus menerus. CORS ULPC dilengkapi dengan *receiver* yang mampu merekam data GNSS 24 jam sehari tanpa gangguan atau terus menerus. *Receiver* dengan tipe N72 yang melengkapi CORS ULPC memiliki spesifikasi mampu menangkap sebanyak 436 saluran dengan sinyal satelit yang dilacak bersamaan. Saluran satelit tersebut disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Saluran satelit

No	Nama Satelit	Saluran Satelit
1	GPS	L1C/A, L2C, L2E, L5
2	GLONAS	L1C/A, L1P, L2C/A (hanya GLONASS M), L2P.
3	SBASS	WAAS, EGNOS, MSAS
4	GALILEO	E1, E5A, E5B, E6
5	BEIDOU	B1, B2 , B3

Sumber: Web resmi CHC NAV (<https://chcnv.com>)

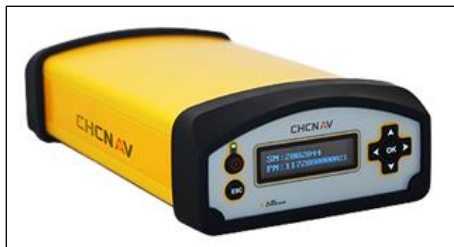
Receiver ini memiliki penyimpanan data internal sebanyak 32 GB, frekuensi hingga 50 Hz. Penyimpanan eksternal hingga 1 TB dan memiliki daya yang mampu bertahan sampai 15 jam. Dengan mendukung menggunakan RTK melalui jaringan telekomunikasi GPRS/EDGE/3G/4G. Format dalam penggunaan ULPC yang dapat diproses *receiver* N72 yaitu CMR, CMR+, SCRMR, RTCM 3.0, RTCM 2.3, RINEX, RTCM 3.2 BINEX, HCN (*raw data*). Seperti sistem CORS pada umumnya, data CORS ULPC dapat digunakan untuk keperluan penentuan posisi, secara *post processing* dengan memanfaatkan data perekaman titik, maupun secara *real time* namun hanya dengan metode NTRIP.



Gambar 3. CORS ULPC
(Sumber : Dokumen pribadi)



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/>)

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

Stasiun Referensi yang terus beroperasi di Indonesia dikenal sebagai Ina-CORS. Ina-CORS merupakan sistem kontrol geodetik aktif di Indonesia yang menggunakan stasiun GNSS aktif, sistem komunikasi data, dan antena. CORS adalah sebuah sistem yang dijadikan titik kontrol geodetik yang mana dilakukan pengamatan posisi menggunakan alat GNSS geodetik secara terus menerus.

Stasiun ini secara kontinu mendapat sinyal dari satelit GNSS serta mengadakan layanan koreksi posisi kepada pengguna. Pada pelaksanaannya Ina-CORS digunakan dalam beragam kebutuhan yaitu kebutuhan ilmiah sampai kebutuhan praktis. Untuk kebutuhan praktis Ina-CORS juga digunakan untuk kepentingan survei, pemetaan dan juga digunakan untuk kepentingan navigasi. Hal ini karena Ina-CORS memungkinkan pengguna yang membutuhkan hasil penentuan posisi langsung untuk membagikan koreksi posisi dalam bentuk koreksi *Real time Kinematic* (RTK). Bagi pengguna yang tidak membutuhkan secara langsung, hasil penentuan posisi yang diperoleh adalah hasil penentuan posisi secara *post-processing*.



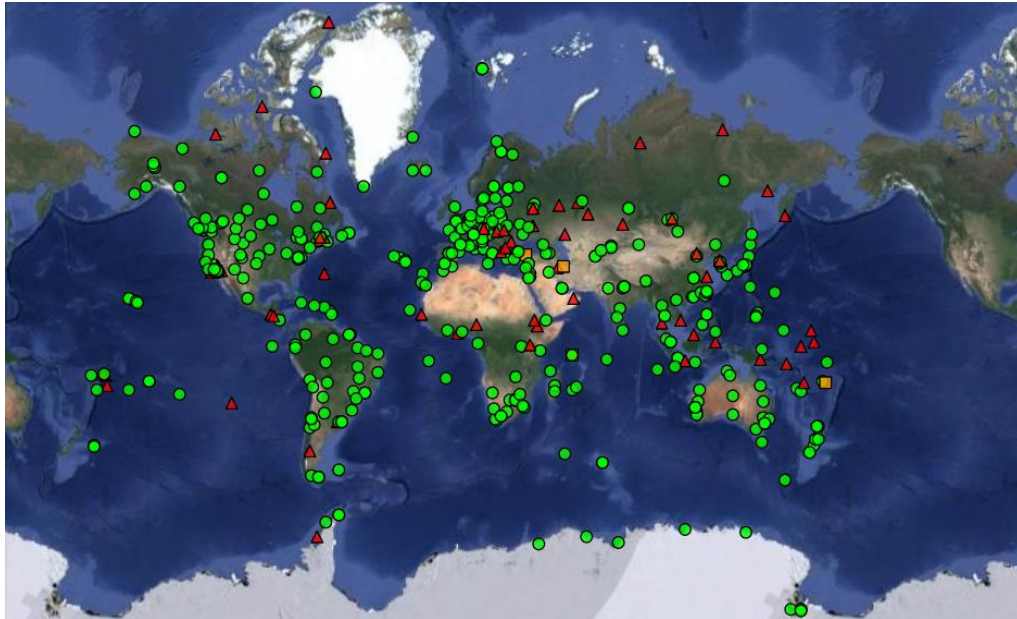
Gambar 6. Sebaran lokasi stasiun Ina-CORS
(Sumber: <http://Ina-CORS.big.go.id>)

2.6 IGS (*International GNSS Service*)

IGS adalah singkatan dari *International GNSS Service*. IGS dilengkapi dengan system yang dipakai guna memberikan informasi kecepatan dan posisi 3D serta data informasi tentang waktu yang dibagikan kepada khalayak ramai secara bersamaan serta terus-menerus tanpa terbatas waktu dan cuaca. GPS dapat membagikan informasi mengenai lokasi dengan keakuratan dimulai dari beberapa millimeter (orde nol) hingga puluhan meter (Abidin 2006). Akurasi GPS bisa disesuaikan berdasarkan kebutuhan. Pada kasus tersebut, kebutuhan pengguna akan berkaitan dengan akurasi lokasi yang diinginkan dengan kondisi akurat untuk keperluan navigasi. Kebutuhan akan penentuan posisi akurat seringkali dipakai di bidang survei dan pemetaan yaitu untuk penentuan titik ikat.

Pada tahun 1993 IGS diperkenalkan secara resmi dan telah beroperasi sejak 1 Januari 1994. IGS merupakan organisasi serta lembaga multinasional yang menyediakan data GNSS, informasi orbit GPS dan juga data pendukung penelitian geodetik dan geofisik. IGS terdiri dari stasiun GPS permanen. Stasiun IGS berada di berbagai negara dan terdiri dari sekitar 200 stasiun dengan *receivers* GPS dan *dual frequency* yang aktif setiap hari secara terus menerus. Jaringan IGS permanen dipakai dalam mengimplementasikan ITRF, di mana seluruh pengamatan GPS bisa dihubungkan. Tidak hanya itu, IGS sediakan bermacam informasi tercantum informasi GPS. Informasi pengukuran bisa digunakan untuk bermacam tujuan riset ilmiah serta kebutuhan pekerjaan.

Penentuan posisi GPS merupakan tata cara penentuan posisi, waktu, serta navigasi berbasis darat serta ruang yang terdapat di dunia. Lebih dari 200 organisasi di seluruh negeri berkontribusi tiap hari untuk IGS, jaringan IGS ini tersambung di seluruh dunia lebih dari 300 stasiun GPS. Informasi ditaruh serta diarsipkan di pusat informasi terdistribusi. Pusat analisis mengambil informasi serta menciptakan produk data GPS sangat akurat dan tersedia di web, bekerja sama dengan IGS sehingga informasi IGS bisa diakses oleh siapa saja serta kapan saja.



Gambar 7. Persebaran stasiun IGS
(Sumber: <https://www.igs.org/network#station-map-list>)

2.7 ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*)

International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) bertanggung jawab atas pemeliharaan dan pengembangan ITRF. Produk IERS yaitu ITRF yang digunakan sebagai kerangka referensi dan datum geodesik nasional di setiap negara di dunia. Menurut Petit dan Luzum (2010), kerangka acuan global ideal sistem referensi *International Terrestrial Reference System (ITRS)* adalah ITRF setelah beberapa kali dilakukan perjanjian konvensi. Terkhusus kelompok miliknya yaitu *Earth Orientation Parameter (EOP)* dan *International Celestial Reference System (ICRS)*. ITRF dibangun oleh 4 badan, yaitu VLBI, SLR, GNSS, dan DORIS. Tahun 1988 ITRF diimplementasikan pertama kali yang diperbaharui secara kontinu.

Sebagian pemodelan diaplikasikan untuk kestabilan sistem kerangka rujukan ITRF ialah, dengan menyingkirkan pengaruh dari fenomena serupa pembebanan lautan (*ocean loading*), pasang-surut gaya berat Bumi (*earth tides*), serta pembebanan atmosferik di mana parameter fenomena-fenomena ini pula disebut selaku ‘model terms’, tanpa mengganggu tingkatan kestabilan geosenteris. ITRF Masing-masing tipe terdiri dari titik-titik koordinat (X, Y, Z) serta informasi perpindahan (V_x , V_y ,

Vz) serta jadi acuan pada *Epoch* tertentu. Tipe terkini ITRF 2014 memakai *Epoch* 2022. Transformasi koordinat ITRF dapat dicoba memakai nilai- nilai parameter transformasi. Nilai- nilai tersebut diperoleh dari proses perhitungan memakai informasi pengamatan yang ada distasiun ITRF.

2.8 SRGI (Sistem Referensi Geospasial Indonesia)

Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI) merupakan sesuatu terminologi modern yang memiliki kesamaan dengan terminologi Datum Geodesi Nasional (DGN) yang sudah didefinisikan lebih dahulu, yaitu sistem koordinat nasional yang tidak berubah- ubah serta kompatibel dengan sistem koordinat global. SRGI memperhitungkan pergantian koordinat berlandaskan fungsi waktu, sebab terdapatnya pergerakan bumi. SRGI sangat diperlukan untuk menunjang kebijakan Satu Peta (*One Map*) di Indonesia. Dengan memakai satu peta segala penerapan pembangunan di Indonesia bisa berjalan secara serentak tanpa terdapatnya tumpang tindih. SRGI merupakan sistem koordinat nasional yang tidak berubah- ubah serta kompatibel dengan sistem koordinat global serta secara eksklusif bisa memastikan lintang, bujur, skala, tinggi, gravitasi gayaberas serta arahnya meliputi segala daerah NKRI, terhitung bagaimana nilai koordinat berganti dari waktu ke waktu. Dalam pelaksanaannya, SRGI ini diwakilkan dalam bentuk Jaring Kontrol Geodesi Nasional yang mana di tiap titik kendali geodetik mempunyai akurasi nilai koordinat meliputi nilai koordinat horizontal, vertikal serta gravitasi gayaberas. Dengan berkembangnya teknologi penentuan posisi berbasis satelit yang semakin akurat, maka sudah sewajarnya dilakukan pemutakhiran sistem referensi geospasial atau datum geodesi. Pada 17 Oktober 2013, Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013 (SRGI 2013) ditetapkan sebagai referensi tunggal pemetaan di Indonesia. SRGI adalah sistem koordinat nasional yang konsisten dan kompatibel dengan sistem koordinat global. SRGI mempertimbangkan perubahan koordinat berdasarkan fungsi waktu, karena adanya dinamika bumi bebedda dengan DGN 95 yang menerapkan fungsi sifat statis.

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

TEQC merupakan kependekan dari *Translation, Editing, Quality Checking* adalah perangkat lunak milik UNAVCO yang dapat digunakan secara gratis. Menurut program TEQC ini mempunyai tiga fungsi unggulan yaitu:

1. Membaca *file* observasi data GNSS asli untuk diterjemahkan dan digunakan dalam konversi format data.
2. *Editing*, digunakan untuk mengedit data hasil pengamatan, seperti memotong dan mengubah *file* RINEX yang telah dikonversi
3. Pemeriksaan kualitas mengevaluasi kualitas data GPS atau GLONASS RINEX memperhatikan dokumen terlepas dari rute rekaman dengan ephemeris.

Sebelum dilakukan pengolahan, perlu dilakukan evaluasi kualitas data pengamatan GNSS guna menentukan posisi titik-titik di permukaan bumi menggunakan data GNSS. *Translation, Editing, and Quality Checking* (TEQC) adalah sekumpulan perangkat lunak dan aplikasi gratis yang dapat digunakan untuk evaluasi ini. Menurut Yulaikha (2018), program ini dapat digunakan untuk:

1. Konversikan data pengamatan biner asli ke dalam format RINEX, seperti Trimble *.dat.
2. Dimungkinkan untuk mengidentifikasi komponen yang seharusnya ada tetapi tidak ada saat memeriksa *file* atau *file* RINEX untuk kesesuaian dengan spesifikasi RINEX versi 2.
3. Edit dan modifikasi bidang header RINEX yang ada pada *file*.
4. Memastikan bahwa *file* RINEX yang valid berkualitas tinggi.
5. Bagi data pengamatan menjadi dua atau lebih *file* RINEX atau pangkas jendela pengamatan.
6. Buat *file* RINEX baru dengan interval sampel yang lebih lama, seperti 30 detik.

Ada beberapa tolak ukur yang harus terpenuhi supaya data tersebut masuk dalam syarat data yang baik diantaranya:

1. Nilai MP1 dan MP2 dibawah 0,5m.
2. Nilai IOD *slips* dibawah 100.
3. Nilai IOD *or* MP *slips* memiliki dibawah 100.
4. Tingkat perekaman data terbaik Ketika semakin mendekati 100 %.

Algoritma dasar TEQC untuk pemeriksaan kualitas didasarkan pada persamaan yang sama dengan program QC UNAVCO. Pengukuran fase dan rentang semu dimodelkan sebagai berikut (Yulaikha, 2018):

$$L_i = R + c(dt_r + dt_s) - I_i + N + m_i + n_i \alpha_i \dots\dots\dots (1)$$

$$P_i = R + c(dt_r + dt_s) + I_i + N + M_i \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

L_i : data fase yang dapat diamati untuk frekuensi i (yaitu, RINEX LI atau L2)

P_i : data *pseudorange* yang dapat diamati untuk frekuensi i (yaitu, RINEX P1 atau P2)

R : jarak antara satelit dan antena

C : kecepatan cahaya

Dt_r : kesalahan jam *receiver*

Dt_s : kesalahan jam satelit

I_i : kesalahan ionosfer untuk frekuensi i

N : penundaan atmosfer netral

M_i : *multipath* fase untuk frekuensi i

M_i : *multipath pseudorange* untuk frekuensi i

$N_i \lambda_i$: ambiguitas fase panjang gelombang integer untuk frekuensi i

Nilai MP1 serta MP2 merupakan gabungan linear diantara pengamatan *pseudorange* serta *carrier phase*, yang ditampilkan dalam *multipath pseudorange* L1 pada pengamatan dengan kode C/ A ataupun P, serta *multipath pseudorange* L2 pada pengamatan dengan kode P. Nilai tersebut menampilkan rata-rata (RMS) *multipath* MP1 serta MP2 dalam satuan meter. Sedangkan *slip* IOD, *slip* IOD atau MP, merupakan pengaruh kondisi atmosfer, khususnya di ionosfer, yang mempengaruhi kecepatan sinyal GPS dari satelit ke penerima dalam TEQC yang

dimodelkan. Tingkat perekaman data ditunjukkan sebagai persentase (%) pengamatan. Nilai ini adalah perbandingan antara jumlah catatan data aktual (pengamatan penuh) dan jumlah pengamatan yang mungkin (pengamatan yang mungkin) ketika pengamatan berada di atas topeng elevasi, dinyatakan sebagai persentase. Parameter ini digunakan untuk menganalisis *file* observasi RINEX sebelum diproses.

```

Command Prompt
- SV above elev mask, but no data      L Bit 0 of LLI set (rx lost lock)
N data present, but no qc done ***    ? SV orbit is uncertain
+ SV data, but below elev mask        ^ partial SV data below elev mask
. no A/S; C1                          c no A/S; L1 C1
: no A/S; L1 P1                        = L1 C1 C2
i L5 C5                                r L1 C1 C7
z L1 C1 C5 *                            ~ no A/S; L1 C1 L2 P2
* no A/S; L1 P1 L2 P2                  , A/S on; C1
a A/S on; L1 C1                        ; A/S on; L1 P1
e L1 C1|P1 L2 C2                       n L1 C1 L7 C7 **
u L1 C1 L7 C7 L6 C6                   s L1 C1 L5 C5 * **
o A/S on; L1 C1|P1 L2 P2               y A/S on; L1 P1 L2 P2
_ no SV data and below elev mask
notes:
"no A/S" == GPS antispoofing off or unknown, or not GPS SV
* for Galileo: any combination of E2-L1-E1 w/ E5a, E5b, and/or E5a+b
** includes, for GPS, legacy L1C/A|L1P(Y) + L2P(Y) or, for GLONASS, legacy G1SA|G1HA + G2HA
*** for GLONASS usually means missing frequency channel number (fnc) for SV
L1/P1 == phase/pseudorange of GPS L1P(Y), or GLONASS G1HA
L2/P2 == phase/pseudorange of GPS L2P(Y), or GLONASS G2HA
L1/C1 == phase/pseudorange of GPS|SBAS|QZSS L1C/A, GLONASS G1SA, Galileo E2-L1-E1, or Beidou B1/E2
L2/C2 == phase/pseudorange of GPS|QZSS L2C, GLONASS G2SA, or Beidou B1-2/E1
L5/C5 == phase/pseudorange of GPS|SBAS|QZSS|IRNSS L5, Galileo E5a, or Beidou B2a
L6/C6 == phase/pseudorange of Galileo|Beidou (B3/)E6 or QZSS LEX
L7/C7 == phase/pseudorange of Galileo|Beidou (B2/)E5b, GPS|QZSS L1C, or GLONASS G3
L8/C8 == phase/pseudorange of Galileo E5a+b, Beidou B1C, or QZSS L1-SAIF

Symbol codes for "Pos" (position):
(hierarchy is left-to-right, top-to_bottom)
^ large position change                X code position inverse failed
K position did not converge             H large horizontal uncertainty
V large vertical uncertainty            T large total uncertainty
> kinematic survey is OK                o static survey is OK
O insufficient observables              E insufficient ephemerides
S insufficient SV set (i.e. < 6 SVs) .  user-supplied fixed position

Symbol codes for "Clk" (receiver clock):
(hierarchy is left-to-right, top-to_bottom)
- reset by - msec                       + reset by + msec
^ missing observation epoch(s)

D:\SKRIPSI\gps + glonas 30 sec baru\o_teqc>

```

Gambar 8. Keterangan informasi pada TEQC.

2.10 Perangkat Lunak GAMIT dan GLOBK

Massachusetts Institute of Technology (MIT) mengembangkan GAMIT, perangkat lunak ilmiah untuk menganalisis data GPS yang memproses data sepenuhnya secara otomatis. Orbit satelit dan perhitungan posisi tiga dimensi keduanya dapat dilakukan dengan perangkat lunak ini. Pemrosesan data GPS otomatis kini dapat dikembangkan berkat untuk pengembangan IGS. Dalam proses perhitungan posisi tiga dimensi, GAMIT memasukkan informasi pengamatan dari stasiun di seluruh

planet ini termasuk IGS. Melalui pengamatan perbedaan ganda, GAMIT menggunakan algoritma kuadrat terkecil dan parameter berbobot untuk memperkirakan satu set stasiun posisi relatif, parameter orbit dan rotasi bumi, penundaan zenith, dan ambiguitas fase. Perangkat lunak ini memiliki keunggulan dapat memasukkan data untuk koreksi atmosfer, pasang surut air laut, dan pemodelan cuaca. Perangkat lunak ilmiah ini dapat digunakan untuk mengatur pembobotan stasiun pengamatan, informasi tentang tujuh stasiun, koordinat pendekatan, dan pengaturan untuk pengolahan. Perangkat lunak GAMIT menghasilkan perkiraan dan matriks kovarians dari parameter yang berkaitan dengan posisi stasiun, orbit, dan rotasi bumi. Data ini kemudian dimasukkan ke dalam GLOBK.

Prinsip penghitungan parameter kuadrat terkecil digunakan dalam perhitungan. Menurut Herring dkk. (2006), GAMIT menggunakan berbagai tipe data input untuk pemrosesannya:

1. Dari data observasi GPS, data mentah.
2. Sebuah *L-record* atau dokumen yang berisi arah dari semua stasiun persepsi GPS digunakan.
3. *File station.info* berisi informasi tentang stasiun yang digunakan, termasuk lokasi stasiun, ketinggian antena, model penerima, waktu pengamatan (tahun, DOY, atau hari dalam setahun), waktu mulai dan berakhir, dan *firmware* dimanfaatkan oleh penerima
4. *File station.info* atau *file* yang berisi data sesi yang akan diproses. Tahun, DOY, sesi observasi, sampling rate, *epoch*, dan nomor satelit termasuk data yang terdaftar.
5. RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*), Pesan Navigasi, atau ephemeris IGS adalah semua format yang memungkinkan untuk *file* navigasi.
6. Tabel kontrol yang memerinci karakteristik proses GAMIT dapat ditemukan di *file* sestbl.
7. Batasan pada setiap stasiun pengamatan GPS disediakan oleh *file* sittbl.
8. *File* ephemeris GPS berformat SP3 diperoleh dari IGS.

Fitur *pemrosesan batch automatic* GAMIT dapat digunakan setelah data input diterima. Menurut Herring (2006), proses pengolahan GAMIT menghasilkan hasil akhir sebagai berikut:

1. *Q-file*, yang berisi semua data yang berasal dari data pengamatan GPS yang diproses oleh GAMIT.
2. *H-file*, yang berisi parameter yang digunakan dalam pemrosesan dengan *Lossely Constraint Solutions* dan matriks varian kovarian yang akan digunakan dalam pemrosesan *batch* otomatis nanti.
3. *File autcln.prefit.sum* dan *autcln.post.sum* membentuk *file Autcln.summary*. Data statistik yang diedit dapat ditemukan di kedua *file* menggunakan *autcln*.

Alat perangkat lunak yang disebut GLOBK dapat menggabungkan data dari survei luar angkasa dan terestrial. Matriks kovarians koordinat stasiun, parameter rotasi bumi, parameter orbit, dan koordinat dari pengamatan lapangan adalah kunci data input di GLOBK (Herring dkk ,2010). Untuk memperkirakan posisi dan kecepatannya, GLOBK berfungsi sebagai *filter* kalman untuk memadukan hasil dari data yang telah diproses di GAMIT dengan pengukuran geodesi ruang. *File-H*, yang merupakan hasil pemrosesan GAMIT adalah *file* yang digunakan untuk pemrosesan GLOBK. GLOBK dapat menghasilkan rata-rata koordinat stasiun dari beberapa hari pengamatan, menggabungkan tahun pengamatan untuk menghasilkan koordinat stasiun, dan mengestimasi koordinat stasiun dari pengamatan individual untuk menghasilkan koordinat deret waktu dengan menggabungkan hasil pengolahan data pengamatan harian. Produk hasil pengolahan dengan GLOBK adalah sebagai *file *.org* yang merupakan perkiraan terakhir arah dan ketepatan setiap stasiun, panjang *baseline*, presisi dan kerangka matriks *baseline*.

Terdapat beberapa metode aplikasi yang dijalankan menggunakan GLOBK:

1. Koordinat stasiun didapat dari perataan hasil pengolahan data per hari yang dikombinasikan. Hal ini dapat dilakukan jika data lebih dari satu hari.
2. Koordinat stasiun pengamatan dengan mengkombinasikan hasil pengolahan dengan interval tahun.

3. Melakukan perkiraan koordinat stasiun dari hasil pengamatan mandiri untuk dilakukan generalisasi data deret waktu pengamatan harian atau tahunan.

Ada beberapa hal yang tidak dapat dijalankan oleh GLOBK antara lain (Herring dkk, 2010):

1. Model linear tidak dapat dibuat karena terdapat banyak proses perataan yang dijalankan pada koordinat stasiun dan parameter orbit.
2. Slip siklus dalam pengamatan GPS, data pengamatan yang tidak akurat, dan kesalahan pemodelan delay atmosfer tidak dapat dihilangkan atau diubah oleh GLOBK. Fase ambiguitas tidak dapat diselesaikan atau diselesaikan oleh GLOBK.

2.11 Transformasi Antar ITRF

Transformasi koordinat merupakan proses pemindahan ataupun pergantian nilai koordinat dari sesuatu sistem koordinat ke sistem koordinat yang lain. Pergantian serta pergerakan permukaan bumi menimbulkan posisi titik-titik ITRF senantiasa berganti sehingga kerangka referensi ini terus diperbarui. ITRF terdiri dari titik-titik koordinat (X, Y, Z) serta informasi perpindahan (V_x , V_y , V_x) serta 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 dicoba dengan memakai model *helmert* 14 parameter. Langkah yang digunakan dalam transformasi menggunakan prinsip hitung kuadrat campuran. Transformasi 14 parameter bisa diaplikasikan buat transformasi koordinat dari sesuatu titik pada kerangka acuan global pada waktu t ke kerangka acuan global yang lain pada titik yang sama pada waktu t (Fadly, 2014). Koordinat pada kerangka acuan A pada epok t_{oy} hendak ditransformasikan ke kerangka acuan B pada epok t_{ox} memakai transformasi *Helmert*. Distribusi stasiun yang digunakan dalam transformasi ITRF nilai parameter transformasi bisa dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. 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>)

Tabel 5. Parameter transformasi dari ITRF 2008 ke ITRF 2014

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/kerangka referensi dapat dilihat pada persamaan (3) (Fadly, 2014).

$$X(t)_{xx} = T + ds.X(t_o)_{yy} + K.X(t_{oy})_{yy} + X(t_{oy})_{yy} + [\bar{T} + \bar{ds}.X(t_{oy})_{yy} + K.X(t_{oy})_{yy} + K.X(t_{oy})_{yy} + \bar{X}(t_{oy})_{yy}] (t - t_{ox}) \dots\dots\dots (3)$$

Model matematis untuk transformasi koordinat dari *Epoch* t ke *Epoch* t_o dapat dilihat pada persamaan 4 (Fadly, 2014):

$$X(t) = X(t_o) + (t - t_o) (V(t_o)) \dots\dots\dots (4)$$

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 *aEpoch* 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 <i>Epoch</i> t
$X(t_0)$: vektor posisi <i>Epoch</i> t_0
$v(t_0)$: vektor kecepatan

2.12 Metode Penentuan Posisi (Extra – Terestris)

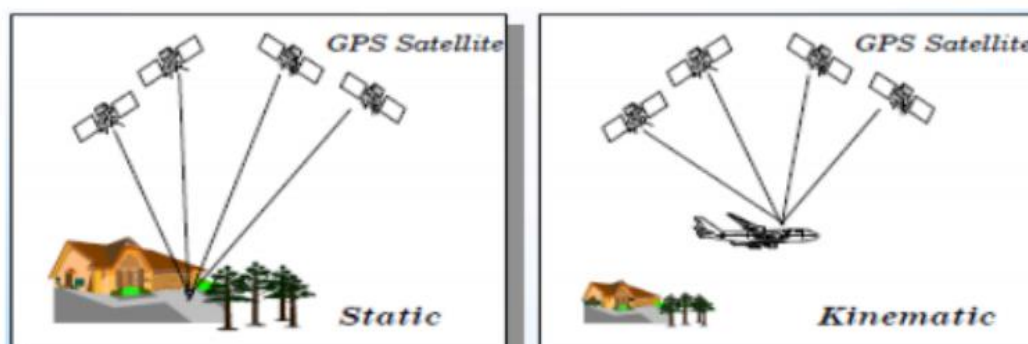
Penentuan letak suatu titik di permukaan bumi bisa di darat atau di luar bumi. Metode penentuan posisi dapat dilakukan secara terestris yaitu pengukuran dan pengamatan yang semua kegiatannya dilakukan langsung di permukaan bumi. Selain pengukuran dengan terestris terdapat metode penentuan posisi yang dilakukan dengan cara mengukur atau mengamati baik benda/objek alamiah seperti bulan dan bintang maupun buatan manusia seperti satelit (Abidin, 2006). Secara garis besar dalam menentukan posisi dengan GPS dapat dibagi menjadi dua, yaitu dengan metode *Absolut positioning* dan metode *diferensial positioning*. Ketepatan posisi yang diinginkan akan dipengaruhi dan ditentukan oleh metode ini. Tergantung pada metode yang digunakan, akurasi pengukuran ekstraterestrial dapat berkisar dari milimeter hingga fraksi meter. Berikut metode pengukuran GPS menurut (Abidin, 2006) sebagai berikut:

1. Metode *Absolut positioning*

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan mengenai absolute positioning yaitu:

- Metode ini dinamakan juga metode *point positioning*, karena penentuan posisi dapat dilakukan pada setiap titik tanpa bergantung pada titik lainnya.
- Posisi ditentukan dalam kaitannya dengan pusat massa bumi menggunakan sistem WGS-84.
- Reseksi dengan jarak ke beberapa satelit secara bersamaan dan biasanya menggunakan data *pseudorange* adalah prinsip panduan penentuan posisi.
- Proses pemosisian hanya memerlukan satu *receiver*, dan tipe *receiver* yang umum digunakan *receiver* tipe genggam.
- Titik yang diamati biasanya posisinya dapat dalam keadaan diam (metode *statik*) maupun dalam keadaan yang tidak diam (metode *kinematik*), seperti yang ditunjukkan pada gambar 9.

- f. Akurasi posisi yang diperoleh sangat bergantung pada akurasi data dan geometri satelit
- g. Pada hakekatnya metode ini tidak dapat digolongkan dimaksudkan untuk dilakukan pada pengukuran yang memerlukan ketelitian yang sangat teliti.
- h. Metode ini dapat digunakan untuk navigasi atau aplikasi lain yang memerlukan informasi posisi yang tidak terlalu tepat tetapi tersedia segera (dalam waktu nyata), seperti pemeriksaan lapangan dan pengintaian.



Gambar 9. Metode *Absolut positioning*.
Sumber: Abidin, 2006.

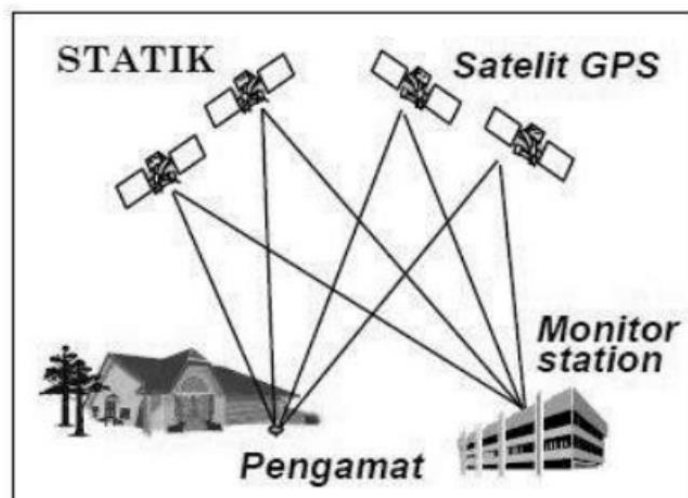
2. Metode *diferensial positioning*

Posisi suatu titik ditentukan dalam kaitannya dengan titik lain yang koordinatnya diketahui dalam penentuan posisi diferensial (stasiun referensi). Dengan mengurangi data yang diamati secara bersamaan oleh dua penerima GPS dalam metode diferensial, yang juga dikenal sebagai metode penentuan relatif. Ketepatan dan keakuratan data akan meningkat sebagai akibat dari pengurangan dan penghapusan ini. Berikut ciri-ciri penentuan posisi menggunakan metode relatif ini (Abidin, 2006):

- a. Membutuhkan setidaknya 2 penerima, satu alat diletakan di titik yang sudah diketahui (stasiun referensi) dan satu lagi di mana arah akan diketahui. Gagasan mendasar: beberapa bias dan kesalahan dapat dihilangkan atau diminimalkan melalui proses pengolahan.

- b. Bias disebabkan oleh fase pembawa atau pseudorange.
- c. Kisaran akurasi pada metode ini yang berkisar dari milimeter (mm) hingga meter (m).
- d. Kegunaan utama: geodinamika dan navigasi, survei dan pemetaan.
- e. Beberapa jenis kesalahan dan bias dalam data dapat dikurangi atau dihilangkan menggunakan metode diferensial ini dengan mengurangi data dari dua penerima GPS secara bersamaan. Akurasi dan presisi data akan meningkat sebagai akibat dari eliminasi dan pengurangan ini.

Efektivitas proses reduksi saat menggunakan metode diferensial sangat dipengaruhi oleh jarak antara titik yang akan diposisikan dengan stasiun referensi. Dapat disimpulkan bahwa efektivitas reduksi data akan meningkat dengan berkurangnya jarak.



Gambar 10. Metode penentuan diferensial.
Sumber: Abidin, 2006.

2.12 Kesalahan dan Bias

Dalam proses keberlangsungan sinyal satelit menuju *receiver* yang berada di bumi. Gelombang yang dikenal sebagai propagasi merambatkan sinyal. Akan ada beberapa bias dan kesalahan yang mempengaruhi sinyal. Baik metode yang

digunakan untuk menentukan ambiguitas fase maupun keakuratan informasi yang dikumpulkan dapat dipengaruhi oleh bias dan kesalahan. Bias dan kesalahan dikategorikan sebagai berikut: beberapa hal (Abidin, 2006):

1. Kesalahan *ephemeris* (orbit) terjadi ketika satelit *ephemeris* (orbit) melaporkan orbit satelit yang berbeda dari orbit sebenarnya. Penerapan *Selective Availability* (SA), ketidaktepatan dalam proses perhitungan orbit satelit, dan kesalahan dalam memprediksi orbit untuk jangka waktu tertentu setelah pengunggahan, semuanya berkontribusi terhadap kesalahan ini.
2. Bias ionosfer adalah bias yang disebabkan oleh ion bebas (*elektron*) di lapisan paling atas atmosfer yang mempengaruhi perambatan sinyal (kecepatan arah polarisasi). Kecepatan, arah, polarisasi, dan kekuatan sinyal GPS semuanya akan dipengaruhi oleh ionosfer di skenario ini. Nilai jarak yang diukur antara pengamat dan satelit secara langsung dipengaruhi oleh kecepatan sinyal, yang mengalami efek ionosfer terbesar.
3. Fase dan data *pseudorange* dari penerima GPS tertunda oleh bias troposfer.
4. *Multipath* adalah istilah untuk fenomena dimana sinyal dari satelit mencapai antena GPS melalui dua atau lebih jalur yang berbeda.
5. Karena penerima "terputus" dari sinyal yang diamati karena satu dan lain alasan, *Cycle Slips* adalah diskontinuitas dalam jumlah gelombang penuh dari tahap gelombang transporter yang dipantau.
6. Perkiraan waktu kedatangan sinyal pada antena GPS dari satelit. dipengaruhi oleh kesalahan jam satelit GPS, yang terjadi ketika jam satelit dan jam penerima tidak sinkron.

2.13 Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. Nilai RMSE dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum(x-y)^2}}{n} \dots\dots\dots(5)$$

N = Jumlah Data

2.14 Uji Statistik

Untuk mengetahui apakah kedua nilai yang diuji berbeda secara signifikan, digunakan uji signifikansi berbagai parameter. Uji t dengan berbagai derajat kebebasan dan kepercayaan digunakan dalam penilaian ini. Pengujian dilakukan dengan cara membagi selisih kedua parameter dengan masing-masing akar kuadrat simpangan baku. Model matematis menurut (Soeprajogo, 2020) yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$t = \frac{(\bar{x}_i - \bar{x}_{ii})}{sp \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_{ii}}}} \dots\dots\dots(6)$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}{(n_1 + n_2) - 2} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan rumus:

- t : nilai t-hitung
- \bar{x}_i : Rata rata data pengamatan kelompok I
- \bar{x}_{ii} : Rata rata data pengamatan kelompok 2
- Sp : 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 apabila:

- a. T-hitung > T-tabel, maka nilai T – hitung ditolak hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan.
- b. T-hitung < T-tabel, maka nilai T- hitung diterima hal tersebut menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan.

Tabel 6. Persentase distribusi t (df = 41 sampai 80)

df	One-Tailed Test						
	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001
	Two-Tailed Test						
	0,50	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,002
41	0,680521	1,302543	1,682878	2,019541	2,420803	2,701181	3,301273
42	0,680376	1,302035	1,681952	2,018082	2,418470	2,698066	3,295951
43	0,680238	1,301552	1,681071	2,016692	2,416250	2,695102	3,290890
44	0,680107	1,301090	1,680230	2,015368	2,414134	2,692278	3,286072
45	0,679981	1,300649	1,679427	2,014103	2,412116	2,689585	3,281480
46	0,679861	1,300228	1,678660	2,012896	2,410188	2,687013	3,277098
47	0,679746	1,299825	1,677927	2,011741	2,408345	2,684556	3,272912
48	0,679635	1,299439	1,677224	2,010635	2,406581	2,682204	3,268910
49	0,679530	1,299069	1,676551	2,009575	2,404892	2,679952	3,265079
50	0,679428	1,298714	1,675905	2,008559	2,403272	2,677793	3,261409
51	0,679331	1,298373	1,675285	2,007584	2,401718	2,675722	3,257890
52	0,679237	1,298045	1,674689	2,006647	2,400225	2,673734	3,254512
53	0,679147	1,297730	1,674116	2,005746	2,398790	2,671823	3,251268
54	0,679060	1,297426	1,673565	2,004879	2,397410	2,669985	3,248149
55	0,678977	1,297134	1,673034	2,004045	2,396081	2,668216	3,245149
56	0,678896	1,296853	1,672522	2,003241	2,394801	2,666512	3,242261
57	0,678818	1,296581	1,672029	2,002465	2,393568	2,664870	3,239478
58	0,678743	1,296319	1,671553	2,001717	2,392377	2,663287	3,236795
59	0,678671	1,296066	1,671093	2,000995	2,391229	2,661759	3,234207
60	0,678601	1,295821	1,670649	2,000298	2,390119	2,660283	3,231709
61	0,678533	1,295585	1,670219	1,999624	2,389047	2,658857	3,229296
62	0,678467	1,295356	1,669804	1,998972	2,388011	2,657479	3,226964
63	0,678404	1,295134	1,669402	1,998341	2,387008	2,656145	3,224709
64	0,678342	1,294920	1,669013	1,997730	2,386037	2,654854	3,222527
65	0,678283	1,294712	1,668636	1,997138	2,385097	2,653604	3,220414
66	0,678225	1,294511	1,668271	1,996564	2,384186	2,652394	3,218368
67	0,678169	1,294315	1,667916	1,996008	2,383302	2,651220	3,216386
68	0,678115	1,294126	1,667572	1,995469	2,382446	2,650081	3,214463
69	0,678062	1,293942	1,667239	1,994945	2,381615	2,648977	3,212599
70	0,678011	1,293763	1,666914	1,994437	2,380807	2,647905	3,210789
71	0,677961	1,293589	1,666600	1,993943	2,380024	2,646863	3,209032
72	0,677912	1,293421	1,666294	1,993464	2,379262	2,645852	3,207326
73	0,677865	1,293256	1,665996	1,992997	2,378522	2,644869	3,205668
74	0,677820	1,293097	1,665707	1,992543	2,377802	2,643913	3,204056
75	0,677775	1,292941	1,665425	1,992102	2,377102	2,642983	3,202489
76	0,677732	1,292790	1,665151	1,991673	2,376420	2,642078	3,200964
77	0,677689	1,292643	1,664885	1,991254	2,375757	2,641198	3,199480
78	0,677648	1,292500	1,664625	1,990847	2,375111	2,640340	3,198035
79	0,677608	1,292360	1,664371	1,990450	2,374482	2,639505	3,196628
80	0,677569	1,292224	1,664125	1,990063	2,373868	2,638691	3,195258

(Sumber: Junaidi, 2010)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

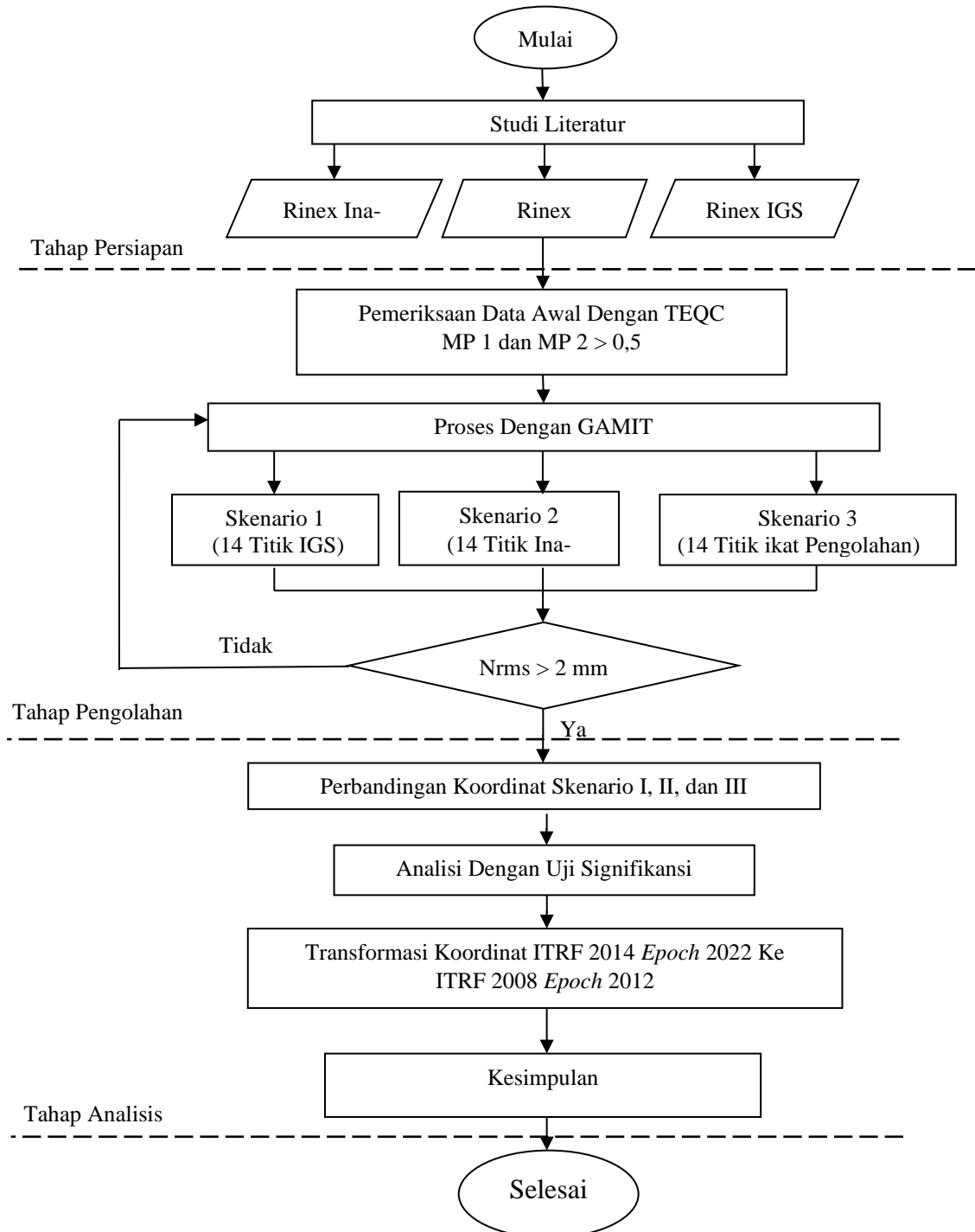
Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Lampung. Titik ULPC berada di Gedung G Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Universitas Lampung memiliki letak geografis $5^{\circ}21'41.80''$ Lintang Selatan, dan $105^{\circ}14'30.24''$ Bujur Timur.



Gambar 11. Lokasi Penelitian
(Sumber: <https://earth.google.com/web/>)

3.2 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 12. Diagram alir penelitian

3.3 Tahap Persiapan

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

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. *Reciver* GNSS CHC N72 *type antenna* CHCC220GR.
- b. Laptop

Merk Laptop	: Asus
Sistem Operasi	: <i>Windows</i> 11 dan <i>Linux Ubuntu</i> 20.4 LTS
Tipe Sistem	: 64 Bit <i>Operating Sistem</i>
RAM	: 8.00 GB
Processor	: <i>Intel Inside Core i5</i>

2. Perangkat Lunak

- a. Sistem Operasi *Windows* 11 dan *Linux Ubuntu* 20.04
- b. TEQC untuk *Editing* dan pengecekan kualitas data pengamatan.
- c. *Software* GAMIT/GLOBK versi 10.7 untuk pengolahan data.
- d. Notepad untuk pengecekan data.
- e. *Microsoft Office* (*Word, Excle, PowerPoint*) untuk penulisan laporan.

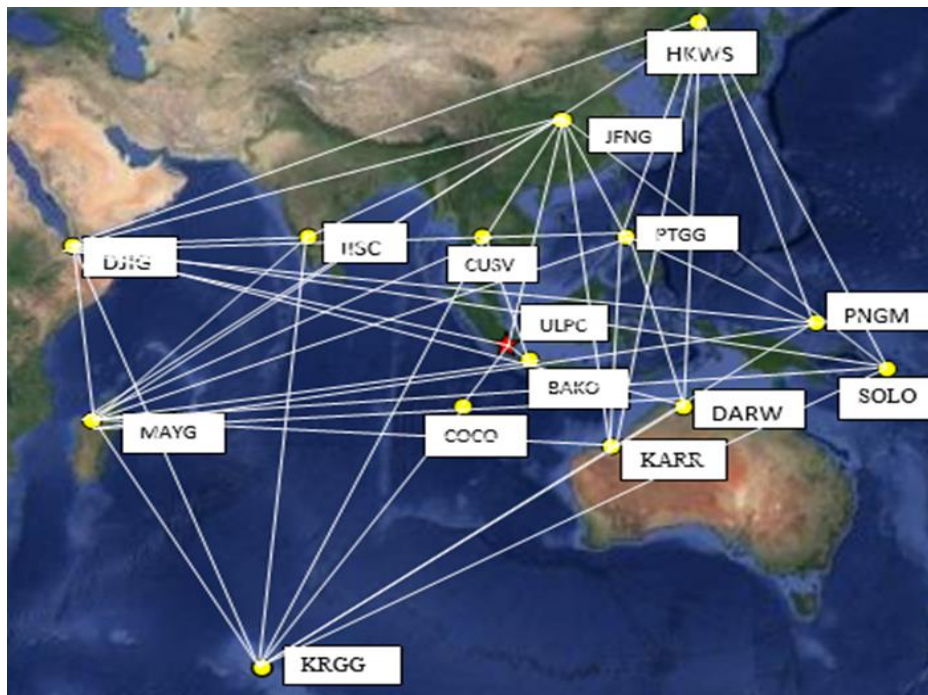
Pada penelitian ini memerlukan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder:

1. Data Primer

Data primer atau *raw* data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data rinex hasil dari perekaman CORS dengan menggunakan *receiver* GNSS CHC N 72 *type antenna* CHCC220GR. Data yang digunakan merupakan data perekaman 30 hari doy 1 sampai doy 30 di tahun 2022.

2. Data Sekunder

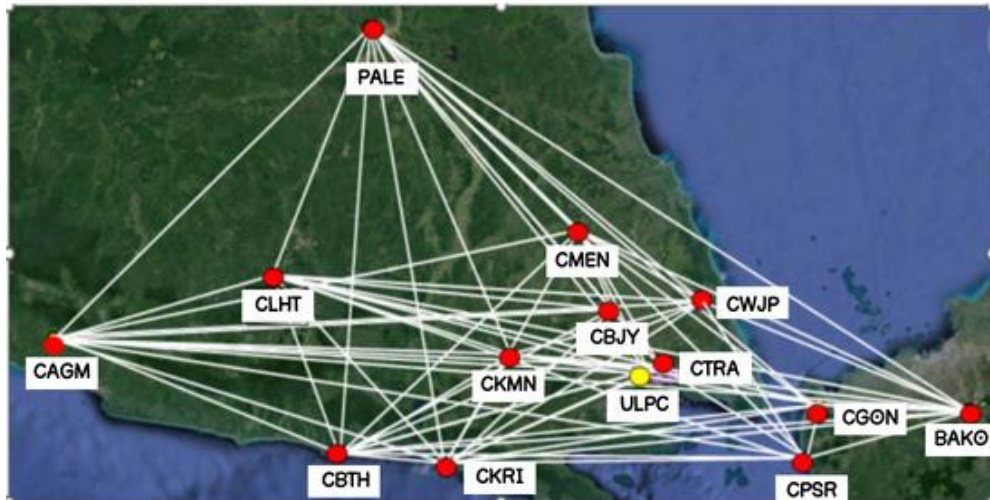
- a. *File* RINEX 14 stasiun IGS: BAKO, COCO, CUSV, DARW, DJIG, HKWS, IISC, JFNG, KARR, KRGG, MAYG, PNGM, PTGG, dan SOLO yang berfungsi sebagai titik ikat regional yang mengacu pada ITRF 2014.



Gambar 13. Persebaran stasiun IGS yang digunakan.
(Sumber: <https://www.igs.org/network#station-map-list>)

- b. *File* RINEX stasiun Ina-CORS yang merupakan titik jaring kontrol geodesi yang dibangun oleh instansi Badan Informasi Geospasial yang tersebar di seluruh Indonesia. Berikut 14 stasiun Ina-CORS yang digunakan: BAKO, CAGM, CBJY, CBLT, CBTH, CGON, CKMN, CKRI, CLHT, CMEN,

CPSR, CTRA, CWJP, dan PALE yang berfungsi sebagai titik ikat lokal yang mengacu pada SRGI 2013.



Gambar 14. Persebaran stasiun Ina-CORS yang digunakan.
(Sumber: <https://srgi.big.go.id/>)

3. Data *precise ephemeris* (orbit IGS Final) satelit GPS + GLONAS doy 1 - 30 tahun 2022 berformat sp3, data informasi posisi satelit yang dihitung dari posisi pelacakan satelit yang sebenarnya. Data ini digunakan oleh untuk mengolah data GNSS agar mendapatkan hasil yang lebih akurat untuk mengolah koordinat .
4. Data *broadcast* (navigasi satelit) doy 1 sampai doy 30 tahun 2022 merupakan data informasi prediksi posisi satelit yang ditransmisikan secara *real time* dari satelit ke penerima GNSS

3.4 Pengumpulan Data

Langkah-langkah yang dilakukan dalam mengumpulkan data antara lain:

1. Data primer yang merupakan data perekaman CORS ULPC doy 1 sampai 30. Dimulai pada tanggal 1 Januari 2022 sampai 30 Januari 2022. Data ULPC didapat dengan melakukan pengajuan data kepada layanan administrator CORS ULPC yang berlokasi di lantai 3 Gedung G Teknik Geodesi Universitas Lampung.

2. Data IGS yang merupakan data sekunder pada penelitian ini dengan jumlah 14 stasiun didapat dengan mengunduh secara *online* melalui situs <http://sopac.ucsd.edu> (*Scripps Orbit and Permanent Array Center*) atau <http://cddis.nasa.gov> (*Crustal Dynamics Data Information System*).
3. Data Ina-CORS pada GAMIT yang digunakan pada penelitian ini dengan jumlah 14 stasiun dapat diunduh melalui <https://srgi.big.go.id/> (Sistem Refrensi Geospasial Indonesia).
4. Data *precise ephemeris* (orbit IGS Final) dan *broadcast ephemeris* (navigasi satelit) doy 1 - 30 tahun 2022 dapat diunduh pada situs secara *online* melalui situs <http://sopac.ucsd.edu> (*Scripps Orbit and Permanent Array Center*) atau <http://cddis.nasa.gov> (*Crustal Dynamics Data Information System*). Karena pada penelitian ini menggunakan kombinasi satelit GPS + GLONAS maka data *precise ephemeris* final yang digunakan esaf atau gzfz.

3.5 Pengecekan Kualitas Data Pengamatan Dengan TEQC

Rinex ULPC yang didapat harus melalui pengecekan data dengan menggunakan *software* TEQC. Menurut (Lestari, 2006) pengecekan kualitas data di TEQC, ada beberapa parameter yang harus dipenuhi agar data tersebut dinilai baik, yaitu:

1. MP1 dan MP2 memiliki nilai dibawah 0,5 m.
2. IOD slips memiliki nilai dibawah 100.
3. IOD or MP nilainya slips dibawah 100.
4. Parameter dalam senjang perekaman data, nilai semakin dekat 100% dianggap semakin bagus.

Proses pengecekan dilakukan dengan perintah QC-full, proses ini membutuhkan data RINEX orbservasi yaitu dengan esktensi (*.22o) dan data RINEX navigasi (*.22n). Dalam penelitian ini pengecekan RINEX per doy dimulai dari doy 1-30.

3.6 Proses Pengolahan dengan GAMIT.

Pada Tahap ini proses pengolahan data ULPC dengan menggunakan *software* GAMIT dan GLOBK. Proses ini dilakukan menggunakan OS Ubuntu 20.04.

a. Pembuatan directori kerja

Pembuatan folder direktori ini nanti yang akan dijadikan tempat untuk proses pengolahan tiap skenario penelitian ini dilakukan dengan 3 skenario pengolahan, dengan berbeda titik ikat maka dibuat 3 folder pengolahan skenario_I, skenario II (pengolahan dengan titik ikat INA-CORS), skenario III (pengolahan dengan titik ikat INA-CORS pengolahan Mandiri). Nama folder harus menggunakan abjad kecil dan tidak menggunakan spasi. Didalam 3 folder tersebut dibuatkan satu *folder directory* untuk pengolahan, ini bermaksud untuk mengumpulkan semua *file* yang akan diolah dalam satu folder dengan nama *folder* terdiri dari empat huruf yaitu ULPC. *Folder* ULPC terdapat beberapa folder berikut ini:

1. Folder BRDC digunakan untuk menyimpan *file* navigasi satelit (*broadcast ephemeris*) hasil unduhan dengan format *file* *yy.n. *File* brdc diunduh secara manual melalui situs <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gnss/data/daily> atau dapat diunduh secara *online* melalui terminal linux di tahap *automatic batch processing* GAMIT dengan perintah “sh_get_nav -archive sopac -yr (yyyy) -doy (ddd) -allnav”.
2. Folder IGS digunakan untuk menyimpan *file* orbit satelit (*precise ephemeris*) dengan format *file* *.sp3. *File* tersebut dapat diunduh secara manual melalui situs <ftp://cddis.nasa.gov/gnss/products> atau dapat diunduh secara *online* melalui terminal linux di tahap *automatic batch processing* GAMIT dengan perintah “sh_get_orbits -archive sopac -yr (yyyy) -doy (ddd) -ndays (num) -orbits igsf”.
3. Folder RINEX dipakai dalam penyimpanan RINEX data pengamatan serta data RINEX titik ikat dengan format *file* *.yyo. Untuk *file* RINEX titik ikat Ina-CORS hanya bisa diunduh secara manual, sedangkan *file* RINEX titik ikat IGS diunduh secara *online* pada terminal linux di tahap *automatic batch processing* GAMIT menggunakan perintah “sh_get_rinex -archive sopac

cddis unavco -yr (yyyy) -doy (ddd) -ndays (num) -sites (4 characters IGS site)”).

4. Folder *Labels* merupakan folder yang berisi *file-file* kontrol yang berkaitan dengan proses pengolahan. Folder tersebut dibuat secara otomatis oleh GAMIT menggunakan *command*.
 - b. Sesudah *project* jadi, untuk mengatur parameter yang digunakan dalam proses pengolahan menggunakan *software* GAMIT agar sesuai dengan kebutuhan maka diperlukan *Editing file control* pada folder *Labels*. *File-file* yang harus diedit antara lain:
 1. *File site.default* adalah *file* yang didalamnya diinput nama-nama stasiun titik pengamatan IGS yaitu BAKO, COCO, CUSV, DARW, DJIG, HKWS, IISC, JFNG, KARR, KRGG, MAYG, PNGM, PTGG, SOLO dan ULPC (skenario 1). Ina-CORS (skenario 2 dan skenario 3) berupa ULPC, BAKO, CAGM, CBJY, CBLT, CBTH, CGON, CKMN, CKRI, CLHT, CMEN, CPSR, CTRA, CWJP, PALE. Dalam menginput nama stasiun format yang ditulis yaitu [site][expt] [opsi]. Untuk site diedit nama stasiun titik ikat dan titik pengamatan ULPC. Untuk expt diedit nama yang dipakai dalam proses pengamatan dengan GAMIT/GLOBK. Untuk opsi terdapat localrx dan ftprnx, ketika data RINEX pengamatan sudah tersimpan di folder RINEX maka menggunakan localrx, sedangkan untuk ftprnx digunakan ketika pengunduhan data RINEX dilakukan secara *online*.
 2. *File process.default* adalah *file* yang berisikan perintah pengambilan data pengamatan. Data RINEX terunduh secara otomatis di proses *automatic batch processing* secara *online* dari stasiun IGS, untuk meminimalisir pengunduhan data yang tidak terpakai sehingga perlu dilakukan penyuntingan pada set rx_doy_minus = 1 yang diubah menjadi 0 maka GAMIT hanya akan mengunduh data RINEX yang sesuai dengan doy pengamatan yang diinputkan yaitu doy 1 sampai doy 30 tahun 2022.
 3. *File sittbl*, *file* ini berisikan *constraint* meliputi seluruh stasiun pengamatan global, diperlukannya *Editing* agar stasiun pengamatan yang ada didalam *file* ini sesuai dengan yang digunakan. Untuk stasiun pengamatan global

atau titik ikat diberikan nilai *constraint* 0,55 (asumsi stasiun stabil sehingga diberi nilai *constraint* kecil dengan bobot besar) dan titik ULPC diberi nilai *constraint* 99,00 (asumsi untuk stasiun pengamatan titik ULPC tidak stabil dengan nilai *constraint* besar/bobot kecil).

4. *L-file, file* ini berisikan koordinat pendekatan (apriori) dari titik ikat dan stasiun yang akan diolah, *editing* pada *file* ini berfungsi agar koordinat pendekatan dari stasiun pengamatan *local* dapat dibaca dalam proses olah data menggunakan *software* GAMIT. *Editing* dilakukan dengan menambahkan nilai koordinat pendekatan yang didapatkan dari apriori tiap-tiap RINEX.

c. Pengolahan Data Pengamatan Dengan GAMIT

Setelah proses menyiapkan *control file* data yang dibutuhkan selesai maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data GPS secara otomatis (*automatic batch processing*) melalui terminal linux menggunakan *software* GAMIT. Berikut perintah yang digunakan untuk menjalankan *automatic batch processing*:

Untuk sistem satelit GPS perintah GAMIT yang digunakan sebagai berikut:

```
sh_GAMIT -expt ulpc -gnss G -s 2022 001 030 -pres ELEV -orbit gfzf
```

Untuk sistem satelit GLONASS perintah GAMIT yang digunakan:

```
sh_GAMIT -expt ulpc -gnss R -s 2022 001 030 -jclock sp3 -pres ELEV -orbit gfzf
```

keterangan:

- ulpc : nama *project* yang digunakan dalam pengolahan -gnss
- C/R : opsi untuk pengolahan pada GAMIT sistem satelit opsional,
C untuk GPS dan R untuk GLONASS
- s : digunakan apabila pengolahan dilakukan lebih dari satu hari
- 2022 : tahun data pengamatan yang diolah
- 001 : doy awal data pengamatan yang diolah
- 030 : doy akhir data pengamatan yang diolah

- pres : digunakan untuk *plot residu* sebagai *sky plot*
- ELEV : digunakan opsi untuk *plot residu* dan *phase elevation*
- Gfzf : kode orbit dipakai ketika menggunakan data orbit final untuk semua satelit berbasis GNSS

Pengolahan data menggunakan GAMIT menghasilkan produk *Q-file*, *H-file* dan *Autcl.summary-file*, yang memuat data-data:

1. *Q-file*, terdiri dari semua informasi hasil dari pengolahan data pengamatan yang dibagi dalam dua versi *Biases-free Solution* dan *Bias-fixed Solution*.
2. *H-file*, berisikan parameter-parameter yang digunakan berupa matriks varian kovarian pada pengolahan lanjutan dengan GLOBK
3. *Autcl.summary-file*, yang terbagi atas *autcln.prefit.sum* dan *autcln.post.sum. file* tersebut berisikan data statistik hasil *Editing* dengan *autcln*.

Evaluasi hasil pengolahan data dengan perangkat lunak GAMIT perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas dari data-data hasil perhitungan. Apabila koordinat pendekatan hasil olahan memiliki selisih melebihi 0,3 m dari koordinat hasil pengolahan, maka perlu dilakukan pengulangan pemrosesan data dengan *software* GAMIT hingga hasil olahan koordinat pendekatan selisihnya kurang dari 0,3 m, hal tersebut terjadi disebabkan oleh *bad a priori*, *poor tracking receiver*, ataupun *ambiguity resolution* yang tidak bisa diperbaiki (Herring, 2010). koordinat evaluasi yang diperlukan pada hitungan nilai *fract* dan *postfit nrms* pada setiap doy. Nilai kategori baik dari *postfit nrms*, bebas *cycle slip* adalah $< 0,5$ (Herring, 2015).

d. Pengolahan Data Pengamatan Dengan GLOBK

Pengolahan dengan GLOBK memiliki tujuan untuk memperoleh nilai koordinat defenitif titik ULPC. Data pada pengolahan ini yang dipakai yaitu matriks varian kovarian yang tersimpan didalam *h-file* dari hasil pengolahan GAMIT. Dalam mengolah data menggunakan GLOBK diperlukan *Editing* pada *file* *globk.cmd* dan *glord.cmd* yang bertujuan untuk menyajikan pilihan-pilihan yang diperlukan untuk hasil akhir yang ingin didapatkan Ketika

mengolah data dengan GLOBK. Pada *file* globk.cmd bagian prt_opt dan org_opt perlu adanya penambahan pilihan BLEN UTM GEOD, Opsi BLEN yang dipakai dalam mendapatkan informasi mengenai panjang *baseline*, sedangkan UTM dan GEOD dipakai dalam memperoleh output koordinat *Universal Transver Mercator* (UTM) dan koordinat *geosentrik*. Proses *Editing file* glorg.cmd dibuat dengan menambah opsi x pada baris command `source~/gg/Tabels/igs14_comb.stab_site` yang artinya bahwa command tersebut tidak terpakai. *Editing* tersebut diperlukan karena pengolahan tidak mencakup seluruh stasiun IGS maka perlu disesuaikan dengan pengolahan, yaitu dengan menambah command `stab_site` di baris selanjutnya dan setelahnya ditulis dengan nama-nama stasiun IGS sesuai pengolahan. apabila pengeditan data telah sesuai yang dibutuhkan maka langkah berikutnya yaitu menjalankan perintah pada terminal linux menggunakan *command* berikut:

```
sh_glred -s 2022 001 2022 030 -expt ulpc -netext G R -opt R H G T
```

Keterangan:

- ulpc : nama *project* yang digunakan dalam pengolahan
- s : digunakan apabila pengolahan dilakukan lebih dari satu hari
- 2022 : tahun data pengamatan yang diolah
- 001 : doy awal data pengamatan yang diolah
- 030 : doy akhir data pengamatan yang diolah
- netext G R : opsional perintah untuk menggabungkan kombinasi satelit GLONASS dan GPS.
- 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.

Hasil olahan data menggunakan *command* GLRED yaitu koordinat posisi harian dan rata-rata harian setiap stasiun pengamatan serta nilai simpangan baku. *File-file* hasil tersebut disimpan dalam folder gsoln menggunakan format

nama *file* globk [nama *project*] yydd.org. Pengabungan perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai koordinat rata-rata yaitu dengan membuat folder vslon dan mencopy data *file* globk.cmd dan glogr.cmd yg berada di folder gslon ke vslon. kemudian buat *file* di folder vslon dengan perintah `ls ../glbf/*glx > [nama project].gdl` dan berikutnya proses pengabung 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.

3.7 Transformasi Koordinat

Dari pengolahan GLOBK menghasilkan koordinat kartesian yang kemudian akan digunakan. Proses transformasi terbagi menjadi dua, antara lain transformasi ITRF dan transformasi *epoch*. Transformasi koordinat dilakukan untuk mentransformasi koordinat titik ikat stasiun Ina-CORS Skenario II yang diperoleh dari hasil pengolahan CORS dari BIG yang terdapat di <https://srgi.big.go.id/jkg-active> kemudian adanya perlakuan transformasi koordinat dari ITRF 2008 menjadi ITRF 2014 yang mengacu dari *International Terrestrial Reference Frame (ITRS)* kemudian melakukan tranformasi hasil koordinat skenario I, II dan III dari ITRF 2014 menjadi ITRF 2008 yang merujuk pada Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI) 2013. Transformasi antar ITRF dibuat menggunakan Microsoft Excel dengan metode 14 parameter metode *helmert*. Pada skenario I, II dan III memakai *Epoch* 2022, *Epoch* yang dipakai adalah *Epoch* yang digunakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) yaitu *epoch* 2012.

3.8 Analisis Perbandingan Hasil Koordinat

Untuk mengetahui keakuratan koordinat yang dihasilkan dari setiap pengolahan yang telah dilakukan, perlu dilakukan analisis perbandingan hasil koordinat pada pengolahan ini secara terpisah. Saat menghitung nilai koordinat, keakuratan koordinat ditentukan oleh standar deviasinya. Standar deviasi data didapat dari hasil akar pangkat dua varians yang merupakan hasl dari data dikurang rata-rata dibagi

jumlah data ditunjukkan oleh standar deviasi. Selain itu dari hasil pengolahan *Global Kalman Filter* akan menghasilkan nilai RMS yang akan juga menjadi dalam analisis. Perhitungan tersebut dilakukan dengan memanfaatkan data koordinat dari skenario I, II, dan III.

3.9 Uji Signifikansi

Dengan menggunakan uji-t, hasil pengujian akan menunjukkan ada tidaknya perbedaan yang signifikan. Sistem satelit yang diteliti dapat dikatakan berkinerja baik pada durasi pengamatan dan titik ikat yang sama jika tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Namun, jika terdapat perbedaan yang signifikan, maka durasi pengamatan, jarak, dan jumlah titik ikat, pemrosesan, atau faktor lain yang dapat menyebabkan kesalahan perlu diperiksa Kembali.

Uji-t dengan tingkat kepercayaan 95% digunakan dalam penelitian ini, dan derajat kebebasan (df) diasumsikan tak terhingga (∞). Pengujian dalam penelitian ini menggunakan koordinat gabungan pengamatan titik ULPC selama 30 hari koordinat (geosentris). Beberapa pengujian yang akan dilakukan peneliti adalah sebagai berikut:

1. Pengujian I, menguji kesesuaian antara skenario I dengan skenario II.
2. Pengujian II, menguji kesesuaian antara skenario I dengan skenario III.
3. Pengujian III, menguji kesesuaian antara skenario II dengan skenario II

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berikut adalah kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini berdasarkan temuan analisis dan pembahasan:

1. Hasil pengolahan data pengamatan GPS dan GLONAS didapatkan nilai koordinat definitif titik CORS ULPC Universitas Lampung pada ITRF 2008 *epoch* 2012.

Tabel 16. Hasil kordinat kombinasi GPS dan GLONAS

Koordinat Kartesian 3D			
Stasiun	X (m)	Y (m)	Z (m)
IGS	-1669521,3581	6127189,1839	-592021,1164
Ina-CORS KOORDINAT BIG	-1669521,3503	6127189,1544	-592021,1172
Ina-CORS Koordinat Pengolahan Sendiri	-1669521,3552	6127189,1825	-592021,1165
Koordinat Geodetik			
Stasiun	Lintang (DMS)	Bujur (DMS)	Tinggi Elipsoid (m)
IGS	5° 21' 41,7" S	105° 14' 30,5" E	154,300
Ina-CORS Koordinat BIG	5° 21' 41,7" S	105° 14' 30,5" E	154,271
Ina-CORS Koordinat Pengolahan Sendiri	5° 21' 41,7" S	105° 14' 30,5" E	154,299
Koordinat UTM 48 S			
Stasiun	East (m)	North (m)	Height (m)
IGS	9407360,32897	526789,44223	154,11072
Ina-CORS Koordinat BIG	9407360,32297	526789,44053	154,07252
Ina-CORS Koordinat Pengolahan Sendiri	9407360,32647	526789,43803	154,09832

2. Hasil Uji-T pada skenario I, II, dan III tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata secara statistik, pada sumbu X memiliki rentang nilai 0,01 – 0,03 m, untuk sumbu Y memiliki rentan nilai lebih besar yaitu 0,005 – 0,1 m, dan untuk sumbu Z memiliki rentan 0.003 – 0,1 m. Nilai T- hitung yang dihasilkan tidak melebihi T – tabel = 2,002 m.
3. Dari penelitian ini penulis merekomendasikan koordinat yang digunakan yaitu Skenario III karena memiliki nilai RMS dan standar deviasi yang dihasilkan lebih kecil dari 2 skenario lainnya.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan melalui penelitian ini adalah:

1. Dalam penelitian ini menggunakan *software* GAMIT dengan pengikatan pada 14 stasiun pentingnya pemilihan titik ikat stasiun yang baik dan merata setiap kuadran agar hasil yang didapat dari pengolahan *software* GAMIT juga baik.
2. Perlunya melakukan pendefinisian titik ULPC secara berkala, mengingat bumi memiliki sifat yang dinamis
3. Dapat dilakukan pendefisian koordinat dengan kombinasi satelit GNSS yang lain yaitu dengan Beidou, atau Galileo.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. 2006. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta: PT.Pradnya Paramita.
- Alkan, Rehametin, dan Veli ilci. 2014. *Accuracy Comparison of PPP Using GPS-only and Combined GPS dan GLONASS Satellites in Urban Area. A Case Study in Çorum*. Tukey Hitit University.
- BIG. 2022. Website resmi Badan Informasi Geospasial. <http://InaCORS.big.go.id>. (Diakses 10 November 2022).
- Bimantara, M., Bimo, Romi Fadly dan Eko Rahmadi. 2021. Pendefinisian Koordinat ULP2 Terhadap ITRF 2014 Menggunakan Kombinasi Satelit GPS dan Glonass.
- Cai, Changsheng, dan Yang Gao. 2007. *Precise Point Positioning Using Combined GPS and GLONASS Observations. Journal of Global Positioning Systems (2007) Vol.6, No.1: 13-22*. Canada: University of Calgary.
- CHC. 2022. Web resmi CHC Navigation. <https://chcnv.com>. (Diakses 10 Oktober 2022).
- Chiuman, Novie., Atunggal, Dedi., Widjajanti, Nurrohmat. 2021. Analisis Tingkat Ketersediaan dan Cakupan dari *Continuously Operating Reference Station (CORS)* di Pulau Jawa. JGISE: Journal of Geospatial
- Dammalage, T. L., dan Samarakoon, L. 2008. *Test Results of RTK and Real-Time Dgps Corrected Observations Based on Ntrip Protocol. The International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XXXVII. 1119–1124.
- 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.
- Fajari, M. K. 2011. Kajian Ketelitian Penentuan Posisi Metode RTK-NTRIP Menggunakan Single Base dan Network Enhanced Single Base untuk Baseline Pendek dan Baseline Panjang. Universitas Gadjah Mada.
- Ghilani, C. D., dan Wolf, P. R. 2012. *Elementary Surveying: An introduction to Geomatics 13th ed.. New Jersey: Prentice Hall*.

- Han, J.-Y., Wu, Y., dan Liu, R.-Y. 2012. *Determining the optimal site location of GNSS base stations*. *Boletim de Ciências Geodésicas*.
- Hapsari, Widi, Yuwono, B. D., dan Amarrohman, F. J. 2016. Penentuan Posisi Stasiun Gns Cors Undip Epoch 2015 dan Epoch 2016 Berdasarkan Stasiun IGS Dan SRGI Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10.6. *Jurnal Geodesi Undip*, 243-252.
- Herring, T.A, King, R.W., dan McClusky, S.C. 2006. *Introduction to GAMIT/GLOBK*. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
- Herring, T.A., et al. 2010. *GAMIT Reference Manual*. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
- Herring, T.A, King, R.W., dan McClusky, S.C. 2015. *Introduction to GAMIT/GLOBK*. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
- 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.
- IGS. 2022. *International GNSS Service*. <https://www.igs.org/network#station-map-list>. (Diakses 10 oktober 2022).
- Ikbal, Muhammad Chairul., Yuwono, Bambang Darmo., Amarrohman, Fauzi Janu., 2017. Analisis Strategi Pengolahan *Baseline* GPS Berdasarkan Jumlah Titik Ikat dan Variasi Waktu Pengamatan. *Jurnal Geodesi UNDIP*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- ITRF. 2022. *ITRF Solutions*. http://itrf.ensg.ign.fr/itrf_solutions/2014/itrf2014. (Diakses 10 November 2022).
- Khomsin, Anjasmara, I., Pratomo, D., dan Ristanto, W. 2019. *Accuracy Analysis of GNSS (GPS, GLONASS and BEIDOU) Observation for Positioning*. In *E3S Web of Conferences Vol. 94*, pp. 0–6).
- Manurung. Parluhutan. 2012. *GNSS Continuously Operating Reference Station of Indonesia (Ina-CORS)*. Makalah Badan Informasi dan Geospasial dalam *49th Session of UNCOPUOS Scientific and Technical Subcommittee*, Vienna, 6-17 Februari 2012.
- Raharjo, Sugeng., Paripurno, Eko Teguh., Hartadi, Djoko., Alfiani, Oktavia Dewi., dan Apriyanti, Dessy. 2017. *Pemantauan Pergerakan Tanah Menggunakan GPS Geodetik Vol. 1*.
- Restiana R, Romi Fadly, dan Eko Rahmadi 2021. *Pendefinisian Koordinat ULP2 Universitas Lampung Terhadap ITRF 2014 Menggunakan Titik Ikat IGS dan CORS Badan Informasi Geospasial*.

- Sabri, L. M. 2019. *Implementation of CORS GNSS and local geoid for precise orthometric height determination in land subsidence region (a case study in Semarang City)*. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 2(1), 144–149.
- Purba, E. S., M.Sabri, I., dan Yuwono, B. D. 2012. Pengikatan Stasiun Cors Geodesi Undip Terhadap Stasiun Igs . *Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia*, 63.
- Purba, E. S., Yuwono, B. D., dan Sabri, L. M. 2013. Penentuan koordinat definitif epoch 2013 stasiun cors geodesi undip dengan menggunakan perangkat lunak gamit 10.04. *Jurnal Geodesi Undip*. 2(4): 85-106.
- Saputra, R., Awaluddin ,ST., MT, M., dan Janu A, ST., M.Eng., F. 2015. Perhitungan Velocity Rate CORS GNSS di Wilayah Pantai Utara Jawa Tengah. *Jurnal Geodesi Undip*.
- SRGI. 2022. Website resmi Sistem Refrensi Gesopasial Indonesia. <https://srgi.big.go.id/jkg-active>. (Diakses 10 oktober 2022).
- Tauho, Jekson Eduard, Rochman Djaja dan Dadan Ramdani. 2017. Perbandingan Koordinat GPS dan Glonass Hasil Pengolahan Dengan Menggunakan Software Bernese Versi 5.0. Tugas Akhir. Bogor: Universitas Pakuan.
- Yulaikhah, Pramumijoyo, S., Widjajanti, N. 2018. Korelasi kualitas data pengamatan gnss yang dihasilkan dari pengecekan teqc dan presisi koordinat. *Journal of Geospatial sciene and Engineering*. 1(1): 8-13.