

**ANALISIS PENGARUH SATELIT BEIDOU TERHADAP
PENGUKURAN KOORDINAT MENGGUNAKAN GNSS RTK NTRIP**

(Skripsi)

Oleh

**INTAN PRATIWI SETIAWAN
NPM 1715013025**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**ANALISIS PENGARUH SATELIT BEIDOU TERHADAP PENGUKURAN
KOORDINAT MENGGUNAKAN GNSS RTK NTRIP**

Oleh:

INTAN PRATIWI SETIAWAN

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH SATELIT BEIDOU TERHADAP PENGUKURAN KOORDINAT MENGGUNAKAN GNSS RTK NTRIP

Oleh

INTAN PRATIWI SETIAWAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penggunaan satelit Beidou terhadap akurasi dan efisiensi pengukuran koordinat menggunakan metode *Real-Time Kinematic (RTK) Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)*. Penelitian dilakukan dengan mengamati perbedaan hasil pengukuran pada enam lokasi di Provinsi Lampung dengan menggunakan titik basis dari *Continuously Operating Reference Stations (CORS)* Universitas Lampung.

Data primer yang diperoleh meliputi nilai koordinat dalam bentuk *Universal Transverse Mercator (UTM)* serta lama waktu pengamatan. Analisis dilakukan dengan membandingkan akurasi koordinat yang dihasilkan dari pengamatan RTK NTRIP dengan dan tanpa penggunaan satelit Beidou. Perbedaan nilai koordinat pada masing-masing titik pengamatan dievaluasi, serta lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai status *fix* pada masing-masing titik juga dianalisis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan satelit Beidou pada pengamatan RTK NTRIP menghasilkan akurasi yang lebih baik, dengan nilai *Root Mean Square Error (RMSE_{xy})* rata-rata sebesar 0,03 m dibandingkan dengan 0,04 m tanpa penggunaan Beidou. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam nilai jarak hasil pengamatan RTK NTRIP dengan dan tanpa penggunaan Beidou. Selain itu, penggunaan satelit Beidou juga menghasilkan waktu yang lebih singkat untuk mencapai status *fix* pada semua lokasi pengamatan. Hasil penelitian ini memiliki implikasi penting dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi pengukuran koordinat dalam bidang geodesi dan geomatika. Penggunaan satelit Beidou dapat memberikan kontribusi positif terhadap ketepatan dan kecepatan pengukuran, terutama dalam aplikasi-aplikasi yang memerlukan tingkat ketelitian yang tinggi. Oleh karena itu, penggunaan satelit Beidou dapat dijadikan alternatif yang bermanfaat dalam pengamatan RTK NTRIP.

Kata Kunci : CORS, RTK NTRIP, ULPC, Satelit Beidou , RMSE_{xy}.

ABSTRACT**ANALYSIS OF THE EFFECT OF BEIDOU SATELLITE ON
COORDINATE MEASUREMENTS USING GNSS RTK NTRIP****By****INTAN PRATIWI SETIAWAN**

This research will analyze the impact of using the Beidou satellite on the accuracy and efficiency of coordinate measurements using the Real-Time Kinematic (RTK) Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) method. The research was carried out by observing differences in measurement results at six locations in Lampung Province using base points from the Continuously Operating Reference Stations (CORS) of Lampung University. The primary data obtained includes coordinate values in Universal Transverse Mercator (UTM) form and the length of observation time. The analysis was carried out by comparing the accuracy of coordinates resulting from RTK NTRIP observations with and without the use of the Beidou satellite. Differences in coordinate values at each observation point were evaluated, and the length of time needed to reach fix status at each point was also analyzed. The research results show that the use of the Beidou satellite in RTK NTRIP observations produces better accuracy, with an average Root Mean Square Error (RMSE_{xy}) value of 0,03 m compared to 0,04 m without using Beidou. The results of the statistical analysis show that there is no significant difference in the distance values of RTK NTRIP observations with and without the use of Beidou. Apart from that, the use of the Beidou satellite also results in a shorter time to reach fix status at all observation locations. The results of this research have important implications in increasing the accuracy and efficiency of coordinate measurements in the fields of geodesy and geomatics. The use of Beidou satellites can make a positive contribution to the accuracy and speed of measurements, especially in applications that require a high level of precision. Therefore, the use of the Beidou satellite can be a useful alternative for NTRIP RTK observations.

Keywords: CORS, RTK NTRIP, ULPC, Beidou Satellite, RMSE_{xy}.

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH SATELIT BEIDOU
TERHADAP PENGUKURAN KOORDINAT
MENGUNAKAN RTK NTRIP**

Nama Mahasiswa : **Intan Pratiwi Setiawan**

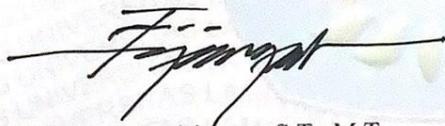
Nomor Pokok Mahasiswa : 1715013025

Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik

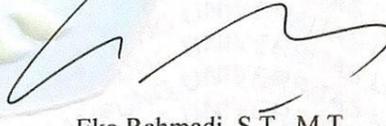
MENYETUJUI**1. Komisi Pembimbing**

Pembimbing 1



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

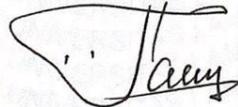
Pembimbing 2



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

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

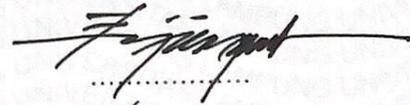


Ir. Fauzan Mardana, M.T., IPM.
NIP. 19641012 199203 1 002

MENGESAHKAN

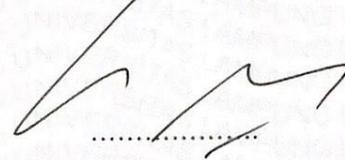
1. Tim Penguji

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



.....

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



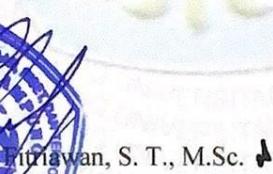
.....

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



.....

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Dr. Eng. Henmy Irtiawan, S. T., M.Sc. 

NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **8 Desember 2023**



PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Penulis adalah Intan Pratiwi Setiawan dengan NPM 1715013025, dengan ini menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini adalah hasil karya penulis yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing 1) Dr. Fajriyanto, S.T., M.T dan 2) Eko Rahmadi, S.T., M.T berdasarkan pengetahuan yang telah penulis dapatkan. Karya ilmiah berisi material yang dibuat sendiri dengan hasil dari rujukan beberapa sumber (buku, jurnal, peraturan perundang-undangan, dan lain-lain) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini penulis buat dan dapat dipertanggung jawabkan apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini maka penulis siap untuk bertanggung jawab.

Lampung, Desember 2023



Intan Pratiwi Setiawan

Intan Pratiwi Setiawan

NPM 1715013025

RIWAYAT HIDUP



Pada hari Sabtu tanggal 8 bulan Mei tahun 1999 di Desa Gantiwarno, Pekalongan, Lampung Timur telah lahir seorang putri dari pasangan Ibu Heni Suswantari dan Bapak Agus Setiawan yang kemudian diberi nama Intan Pratiwi Setiawan. Lahir sebagai anak Sulung yang memiliki 1 (satu) adik yakni Fadzar Ihza Umar Setiawan dengan usia 19 tahun yang saat ini juga sedang menempuh pendidikan di Institut Teknologi Sumatra, Lampung.

Memulai masa pendidikan di Taman Kanak – kanak (TK) Aisyiyah Bustanul Athfal 2 Gantiwarno dan selesai pada tahun 2005, melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SDN 01 Gantiwarno, Pekalongan, Lampung Timur selesai tahun 2011. Pada tahun yang sama melanjutkan sekolah menengah pertama di SMPN 3 Metro, Kota Metro selesai tahun 2014. Selanjutnya memasuki sekolah menengah atas di SMAN 1 Kotagajah, Lampung Tengah dan selesai pada tahun 2017.

Tahun 2017 penulis memasuki jenjang perkuliahan dan diterima menjadi mahasiswa S1 Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif diberbagai organisasi kampus. Menjadi anggota Departemen Kominfo HIMAGES 2017, Sekretaris Departemen Kaderisasi HIMAGES 2018, dan anggota Dinas Komunikasi dan Informasi BEM FT 2019.

Tahun 2020 penulis melaksanakan kerja praktik di Bidang Tata Ruang, Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (DPUPR) dengan judul laporan “Pembuatan Rencana Peta Pola Ruang Kawasan Reaktivasi Stasiun Pandeglang di Kelurahan Kadomas Kabupaten Pandeglang”. Di tahun yang sama penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Putera Daerah di Desa Gantiwarno, Pekalongan, Lampung Timur. Pada bulan Januari 2022 penulis memulai penelitian dengan judul “**Analisis Pengaruh Satelit Beidou Terhadap Pengukuran Koordinat Menggunakan RTK NTRIP**”

MOTTO

“Karena Sesungguhnya setelah Kesulitan itu ada kemudahan, -Sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan.”

(QS. Al Insyirah: 5-6)

“It’s fine to fake it until you make it, until you do, until it true.”

(Snow On The Beach)

SANWACANA

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis haturkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala rahmat dan karunia – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh Satelit Beidou Terhadap Pengukuran Koordinat Menggunakan RTK NTRIP”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan Tugas Akhir Program Strata – 1 di Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, antara lain:

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 selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas kesabaran dan ilmu yang telah bapak berikan;
4. Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah mengarahkan dan membimbing selama penelitian berlangsung hingga skripsi ini dapat terselesaikan;
5. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng, sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan banyak bimbingan, masukan serta saran yang membangun dalam proses penyusunan skripsi ini;
6. Kepada orang tuaku tercinta (Ibu Heni, Bapak Gendut, Bapak Agus, dan Ibu Ucu), terima kasih atas segala doa yang melangit, kesabaran dan keiklasan, cinta dan kasih sayang yang selalu tercurah serta dukungan moril maupun

materil kepada penulis. Maaf apabila Intan kuliahnya molor ya, sehat-sehat ya kalian semuanya;;

7. Adik-adikku tersayang (Fadzar Ihzaumar dan Akmal) terima kasih sudah menghibur penulis saat penat dalam perkuliahan. Serta keluarga besar yang selalu memberikan semangat dan doa hingga skripsi ini dapat terselesaikan;
8. Kepada Ananda Putra Utama B, *thank you for everything you've been done since day one, I hope it never ends*;
9. Kepada Sahabatku, Lita, Piek, Caca, Mak Ai, Rizkyot, dan Feren. Terimakasih telah sabar menunggu momen saya di wisuda, memberi doa dan semangat kepada penulis, dan menjadi tempat berkeluh kesah;
10. Teman terkasihku sejak maba (Mia Auliya), terima kasih banyak sudah menjadi teman penulis sejak maba, menemani penulis dikala susah dan senangnya masa perkuliahan dan menjadi tempat berkeluh kesah masalah kuliah, hidup, bahkan percintaan, mengajarkan saya materi-materi kuliah walaupun akhirnya saya lupa juga. Teman terkasihku sejak Kerja Praktik (Dewi Pertiwi), terimakasih atas semangat, dukungan, dan saran yang selalu datang sejak KP hingga Skripsi, penulis akan selalu ingat momen kita menangis tersedu-sedu saat KP;
11. Teman – teman seperjuangan S1 Teknik Geodesi dan Geomatika 2017 (Sekar, Rasta, Mia, Iqbal Adi, Ngesti, Indah, Malinda, Okta, Erin, Thomas, Micco, Ilzam, Nicolas, Natayya, Gandi, Ikhbal Yesa, Hidayatus, Aji, Ilyas, Ghifari, Defferson, Diki, Aqila, Ane, Deni), terima kasih atas waktu, tenaga, serta bantuan yang telah diberikan.
12. Kepada Mbak Irma, selaku administrator Prodi S1 Teknik Geodesi dan Geomatika yang telah banyak membantu segenap berkas yang dibutuhkan selama proses penelitian hingga selesai;
13. Dosen beserta staff Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika terima kasih atas ilmu dan wawasan selama kuliah serta bantuan dalam menyiapkan segenap berkas yang dibutuhkan selama proses penelitian berlangsung hingga selesai.

14. *Last but not least, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for just being me at all times, I wanna thank me for starting and never quitting.*

Bandar Lampung. Desember 2023

Penulis,

Intan Pratiwi Setiawan

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| DAFTAR ISI | xii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4. Manfaat Penelitian..... | 4 |
| 1.5. Ruang Lingkup Pekerjaan | 4 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1. Penelitian Terdahulu..... | 6 |
| 2.2. GNSS (<i>Global Navigation Satellite System</i>)..... | 9 |
| 2.3. CORS (<i>Continuously Operating Reference Station</i>)..... | 11 |
| 2.4. RTK (<i>Real Time Kinematic</i>)..... | 13 |
| 2.5. NTRIP (<i>Networked Transport via RTCM Internet Protocol</i>)..... | 14 |
| 2.6. Satelit BEIDOU..... | 16 |
| 2.7. ULPC (Universitas Lampung CORS) | 18 |
| 2.8. Menghitung Jarak | 21 |
| 2.9. Akurasi Nilai Koordinat | 21 |
| 2.10. <i>Outlier</i> | 22 |
| 2.11. Uji Kesamaan | 23 |
| 2.12. Uji Beda..... | 24 |
| III. METODE PENELITIAN | 26 |
| 3.1. Lokasi Penelitian | 26 |
| 3.2. Alat dan Bahan Penelitian | 27 |
| 3.3. Diagram Alir Penelitian..... | 29 |
| 3.4. Tahapan Penelitian | 30 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 37 |
| 4.1. Koordinat Hasil Pengamatan RTK NTRIP..... | 37 |
| 4.2. Menghitung Jarak | 44 |
| 4.3. Uji Beda Jarak | 44 |
| 4.4. Uji Kesamaan Jarak | 45 |

| | |
|----------------------------------------------------|-----------|
| | xiii |
| 4.5. Uji Akurasi Horizontal | 45 |
| 4.6. Hasil Perhitungan Lama Waktu Pengamatan | 46 |
| V. PENUTUP | 48 |
| 5.1. Simpulan..... | 48 |
| 5.2. Saran..... | 49 |
| DAFTAR PUSTAKA | 50 |
| LAMPIRAN A | 51 |
| LAMPIRAN B..... | 53 |
| LAMPIRAN C... .. | 55 |
| LAMPIRAN D... .. | 62 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Penelitian Terdahulu..... | 6 |
| 2. Data Sekunder Koordinat ULPC..... | 29 |
| 3. Data Sekunder per titik pengamatan..... | 30 |
| 4. Data Hasil Pengamatan RTK NTRIP (m) titik <i>Islamic Center</i> | 37 |
| 5. Data Hasil Pengamatan RTK NTRIP (m) titik Parkiran..... | 39 |
| 6. Data Hasil Pengamatan RTK NTRIP (m) titik PKOR | 40 |
| 7. Data Hasil Pengamatan RTK NTRIP (m) titik Panjang | 41 |
| 8. Data Hasil Pengamatan RTK NTRIP (m) titik Pesawaran | 42 |
| 9. Data Hasil Pengamatan RTK NTRIP (m) titik Natar | 43 |
| 10. Jarak rata-rata (m) | 44 |
| 11. Hasil Uji T nilai jarak..... | 44 |
| 12. Hasil Uji F Nilai Jarak..... | 45 |
| 13. Hasil RMSE _{xy} dalam m (meter) | 45 |
| 14. Rata-rata lama waktu pengamatan..... | 46 |
| 15. Dokumentasi Pengamatan RTK NTRIP..... | 54 |
| 16. Hasil Perhitungan Jarak..... | 56 |
| 17. Hasil perhitungan nilai distribusi normal titik pengamatan <i>Islamic Center</i> | 58 |
| 18. Hasil perhitungan nilai distribusi normal titik pengamatan Parkiran | 59 |
| 19. Hasil perhitungan nilai distribusi normal titik pengamatan PKOR | 60 |
| 20. Hasil perhitungan nilai distribusi normal titik pengamatan Pesawaran..... | 61 |
| 21. Hasil perhitungan nilai distribusi normal titik pengamatan Natar..... | 62 |
| 22. Hasil perhitungan nilai distribusi normal titik pengamatan Panjang | 63 |
| 23. Perhitungan lama waktu pengamatan titik <i>Islamic Center</i> | 65 |
| 24. Perhitungan lama waktu pengamatan titik Parkiran Terpadu | 65 |

| | |
|------------------------------------------------------------|----|
| 25. Perhitungan lama waktu pengamatan titik PKOR | 65 |
| 26. Perhitungan lama waktu pengamatan titik Pesawaran..... | 66 |
| 27. Perhitungan lama waktu pengamatan titik Natar..... | 66 |
| 28. Perhitungan lama waktu pengamatan titik Panjang..... | 66 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. CHC C220GR2 | 19 |
| 2. Tampilan Antena ULPC | 19 |
| 3. <i>Receiver</i> GNSS CHCN72 ULPC | 20 |
| 4. Lokasi Titik Pengamatan RTK NTRIP..... | 26 |
| 5. Hi-Target V60 | 27 |
| 6. Hi-Target <i>ihand</i> 20..... | 28 |
| 7. Diagram Alir Penelitian..... | 31 |
| 8. Hasil <i>Plotting</i> Koordinat titik pengamatan <i>Islamic Center</i> | 38 |
| 9. Hasil <i>Plotting</i> Koordinat titik pengamatan Parkiran | 39 |
| 10. Hasil <i>Plotting</i> Koordinat titik pengamatan PKOR | 40 |
| 11. Hasil <i>Plotting</i> Koordinat titik pengamatan Panjang | 41 |
| 12. Hasil <i>Plotting</i> Koordinat titik pengamatan Pesawaran | 42 |
| 13. Hasil <i>Plotting</i> Koordinat titik pengamatan Natar | 43 |
| 14. Grafik rata-rata lama waktu pengamatan..... | 46 |
| 15. Kurva Normal titik pengamatan <i>Islamic Center</i> | 58 |
| 16. Kurva normal titik pengamatan Parkiran Terpadu | 59 |
| 17. Kurva normal titik pengamatan PKOR..... | 60 |
| 18. Kurva normal titik pengamatan Pesawaran | 61 |
| 19. Kurva normal titik pengamatan Natar | 62 |
| 20. Kurva normal titik pengamatan Panjang | 63 |

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

CORS (*Continually Operating Reference Station*) adalah stasiun referensi yang beroperasi secara terus – menerus dan digunakan sebagai acuan untuk penentuan posisi GNSS (*Global Navigation Satellite System*) secara *real time* maupun *post-processing*. CORS dirancang sebagai stasiun referensi yang akurat dan tidak hanya mengumpulkan dan menyimpan data pengukuran, tetapi juga mengirimkan sinyal koreksi yang mendukung pengukuran GPS secara RTK (*Real Time Kinematic*). Dengan adanya CORS, pengguna dapat meningkatkan akurasi posisi hingga level sentimeter. Sinyal koreksi dikirimkan oleh CORS menggunakan metode NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) melalui jaringan internet ke *rover station* (Isioye, dkk., 2015). Dengan adanya CORS dan penggunaan metode NTRIP, pengguna GPS dapat mengakses sinyal koreksi yang dikirimkan oleh stasiun referensi yang terdistribusi secara luas, sehingga mereka dapat mencapai akurasi posisi yang tinggi dalam waktu nyata (Chiuman, dkk., 2021).

Seiring berjalannya waktu, sistem CORS di Indonesia terus mengalami perkembangan dan semakin dikenal oleh masyarakat terutama di bidang pemetaan. Salah satu contoh stasiun CORS di Indonesia adalah CORS Universitas Lampung, yang berlokasi di Gedung G Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung, dan mulai beroperasi sejak tanggal 8 Desember 2021. CORS Universitas Lampung berperan sebagai stasiun referensi yang menyediakan layanan dalam bentuk *post-processing* dan *real-time*.

Pemanfaatan sistem GNSS memberikan keuntungan dalam menghasilkan pengamatan posisi yang lebih akurat dan presisi (Prasetyo, 2007).

Selain itu, RTK NTRIP (*Real Time Kinematic - Networked Transported of RTCM via Internet Protocol*) adalah layanan *streaming* data GPS diferensial melalui internet, yang memungkinkan penentuan koordinat posisi secara *real-time*.

Untuk memfasilitasi pengambilan informasi koordinat, kebutuhan akan satelit navigasi muncul dengan seiring waktu. Satelit GNSS yang ada saat ini adalah *Global Positioning System* (GPS) milik Amerika Serikat, *Global Navigation Satellite System* (GLONASS) milik Rusia, *Quasi-Zenith Satellite System* (QZSS) dari Jepang, Galileo milik Uni Eropa, dan Beidou (BDS) milik Cina.

Diantara beberapa satelit yang biasa digunakan dalam pengambilan data GNSS menggunakan stasiun CORS, penulis memilih satelit Beidou untuk dianalisis. Satelit Navigasi BEIDOU (BDS, bahasa Cina yang disederhanakan) merupakan sistem satelit yang berasal dari Tiongkok (China). BDS pertama kali dioperasikan pada tahun 2000. Sampai dengan saat ini BEIDOU memiliki 35 jumlah satelit di orbit dimana jumlah BDS lebih banyak dari jumlah satelit Amerika Serikat, GPS (*Global Position System*) yang saat ini berjumlah 24 satelit di orbit. Selain jumlah satelit yang lebih banyak dari GPS, BDS juga mempunyai ketelitian mencapai 10cm di wilayah Asia-Pasifik, jika dibandingkan dengan GPS dengan ketelitian 30cm.

1.2. Rumusan Masalah

Mengetahui bahwa Universitas Lampung telah mempunyai dan mengembangkan stasiun CORS yang diberi nama ULPC (Universitas Lampung CORS) maka penulis menggunakannya sebagai stasiun referensi. Stasiun ULPC ini terletak di atas Gedung G Teknik Geodesi dan Geomatika dan sudah beroperasi sejak 8 Desember 2021. ULPC menjadi tambahan dalam infrastruktur navigasi di Indonesia. Sebagai stasiun referensi, ULPC menyediakan layanan yang meliputi *post-processing* dan *real-time* untuk

memperbaiki dan meningkatkan akurasi pengukuran GNSS. Dengan adanya stasiun CORS seperti ULPC, pengguna GNSS di Universitas Lampung dan sekitarnya dapat memanfaatkan data referensi yang akurat untuk keperluan penelitian, pemetaan, dan aplikasi lainnya. Dalam penggunaan CORS sebagai stasiun referensi pengukuran RTK NTRIP, terdapat peran satelit navigasi yang bertugas menerima dan mengirimkan sinyal gelombang yang berisi informasi posisi, waktu, dan lainnya.

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, dapat diidentifikasi pertanyaan pertanyaan yang muncul dalam penelitian ini yakni apakah ada perbedaan hasil pengukuran dan waktu mencapai *fixed solution* dengan menggunakan Satelit Beidou dan tanpa menggunakan Satelit Beidou, apakah penggunaan Satelit Beidou memberikan akurasi yang lebih baik jika diaktifkan pada pengukuran GNSS RTK NTRIP. Berkaitan dengan hal tersebut maka penulis akan melakukan analisis bagaimana pengaruh Satelit Beidou untuk pengukuran posisi dengan metode RTK NTRIP.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai pada penelitian adalah:

1. Menghitung akurasi koordinat hasil pengamatan RTK NTRIP dengan dan tanpa menggunakan Satelit Beidou.
2. Menguji perbedaan nilai koordinat hasil pengamatan RTK NTRIP pada masing – masing titik pengamatan dengan dan tanpa menggunakan Satelit Beidou.
3. Merata – ratakan lama waktu pengamatan RTK NTRIP dalam mencapai status *fix* pada masing – masing titik pengamatan dengan dan tanpa menggunakan Satelit Beidou.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan mengenai stasiun ULPC dalam hal penentuan posisi hasil pengamatan menggunakan metode RTK NTRIP serta diharapkan dapat memberikan informasi berupa perbandingan nilai koordinat saat menggunakan Satelit Beidou. Selain itu, penelitian ini dapat bermanfaat sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.

1.5. Ruang Lingkup Pekerjaan

Adapun batasan masalah pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Masalah yang dibahas adalah menghitung akurasi koordinat, beda nilai koordinat dan lama waktu pengamatan hasil pengamatan RTK NTRIP dengan beberapa pilihan satelit yang dapat dipilih untuk diaktifkan dan dinonaktifkan pada *controller* (BDS, SBAS, GALILEO, GPS, GLONASS, dan QZSS).
2. Batas ketelitian HRMS dan VRMS dalam menghitung lama waktu pengamatan mencapai status *fix* adalah 1 cm.
3. Alat yang digunakan yakni CORS ULPC sebagai base dengan spesifikasi: *receiver merk* CHC tipe N72 dan Hi Target tipe V60 sebagai *rover*.
4. Perhitungan akurasi berdasarkan Perka BIG dan uji beda menggunakan uji t *student*.
5. *Provider* yang digunakan pada proses pengamatan RTK NTRIP yakni Telkomsel.

1.6. Hipotesa Penelitian

Berdasarkan latar belakang, masalah penelitian, literatur, serta beberapa penelitian terdahulu yang didapatkan bahwa Satelit Beidou memiliki ketelitian yang sangat baik dan memiliki jumlah satelit terbanyak sehingga memengaruhi hasil pengamatan GNSS RTK NTRIP, maka Satelit BEIDOU (BDS) akan memberikan

peningkatan kecepatan dan ketelitian pada pengamatan data dalam Pengukuran Koordinat Menggunakan GNSS RTK NTRIP.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian sejenis atau terkait digunakan sebagai acuan dan perbandingan maupun pertimbangan dalam pelaksanaan penelitian sehingga dapat dijadikan referensi oleh penulis. Dengan mengkaji keterkaitan teori, penulis dapat menggunakan sebagai perbandingan untuk melihat kelebihan dan kekurangan dari penelitian sebelumnya sehingga tercapainya penelitian sesuai yang di harapkan.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

| No | Judul Penelitian dan Penulis | Metode Penelitian | Hasil Penelitian |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Kajian Penentuan Posisi Hasil Pengamatan RTK NTRIP pada Stasiun ULPC (Universitas Lampung CORS) (Angga Febry Fatman, 2023) | Uji statistik yang digunakan yaitu uji signifikansi menggunakan Uji F dengan persamaan: $F = \frac{s_2^2}{s_1^2} \text{ atau } F = \frac{2}{s_1^2}$ dimana $F = \frac{\text{Varian terbesar}}{\text{Varian terkecil}}$ | 1. Analisis Uji Kesamaan dengan uji f (<i>Fisher</i>) yang dilakukan dengan selang kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) dilakukan dengan 2 hasil data yaitu jarak dan tinggi. 2. Analisis Uji Beda dengan uji t yang dilakukan dengan selang kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) dilakukan dengan 2 hasil data yaitu jarak dan tinggi. 3. Berdasarkan hasil perhitungan selisih, uji |

| | | | |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | kesamaan, dan uji beda, ditemukan bahwa koordinat dan tinggi pada ULPC ITRF 2008 <i>epoch</i> 2012 secara mendekati sejalan dengan koordinat dan tinggi pada Ina-CORS ITRF 2008 <i>epoch</i> 2012. |
| 2. | Analisis Ketelitian Spasial Menggunakan Satelit Beidou Untuk Pengukuran Bidang dengan metode RTK. (Fathan Aulia, 2016) | Metode RTK NTRIP dengan variasi jarak dan luas | Di daerah terbuka, kombinasi yang menghasilkan ketelitian jarak terbaik adalah dengan sinyal dari satelit GPS. Sedangkan, untuk mencapai ketelitian luas yang lebih baik, kombinasi sinyal dari satelit GPS dan Beidou lebih baik. Peningkatan ketelitian dalam pengukuran di daerah terbuka, yaitu dengan menambahkan sinyal satelit Beidou yang dapat dilihat dari standar deviasi sekitar $\pm 0,138$ m. Di sisi lain, dalam pengukuran daerah perumahan, integrasi sinyal dari satelit Beidou dapat meningkatkan ketelitian dengan standar deviasi hingga sekitar $\pm 6,398$ meter. |
| 3. | Uji Akurasi Pengukuran GNSS COMNAV T300 dan South G1 Menggunakan Metode RTK NTRIP Pada | Metode RTK NTRIP dengan variasi jarak | Penerapan uji Anova pada perbandingan lateral (dLi) antara GNSS COMNAV T300 dan South G1 menggunakan metode RTK NTRIP menunjuk |

| | | | |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Variasi Jarak Terhadap Base Station (Nurdin Eko Pambudi Wiyono, 2020) | | kan hasil yang signifikan dalam variasi antar kelompok. Ini mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam selisih pengukuran antara radius pengukuran seiring dengan meningkatnya jarak antara <i>base station</i> dan <i>rover</i> . |
| 4. | Analisis pengaruh Satelit Beidou terhadap Pengukuran Koordinat menggunakan RTK NTRIP (Intan Pratiwi Setiawan, 2023) | -Metode pengamatan GNSS yaitu RTK NTRIP -Metode pengolahan melihat akurasi nilai koordinat dengan dan tanpa menggunakan Satelit Beidou dengan melihat nilai RMSExy dan melihat beda nilai uji t dan uji f. persamaan: $F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \text{ atau } F = \frac{s_2^2}{s_1^2}$ dan $t = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_l}{sp\sqrt{\frac{1}{ni} + \frac{1}{nii}}}$ | 1. Menghitung jarak serta akurasi koordinat hasil pengamatan RTK NTRIP dengan dan tanpa menggunakan satelit Beidou. 2. Menguji perbedaan nilai koordinat hasil pengamatan. 3. Merata - ratakan lama waktu pengamatan mencapai status <i>fix</i> . |

Tabel 1 dapat dikatakan bahwa perbedaan dari penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terdapat pada bahan kajian dan hasil yang ingin dicapai. Pada penelitian ini, hasil yang diharapkan adalah mengetahui nilai jarak dari ULPC ke titik pengamatan, nilai akurasi pengamatan RTK NTRIP dengan dan tanpa

menggunakan satelit Beidou, dan mengetahui rata – rata lama waktu pengamatan RTK NTRIP dengan dan tanpa menggunakan satelit Beidou.

2.2. GNSS (*Global Navigation Satellite System*)

Sistem GNSS (*Global Navigation Satellite System*) merupakan jaringan satelit yang terdiri dari sekelompok satelit yang bergerak secara konstan, menghasilkan informasi tentang waktu dan lokasi, serta mengirimkan beragam jenis sinyal pada frekuensi yang berbeda secara kontinu. Sinyal-sinyal ini tersedia di seluruh titik di permukaan bumi. Peran GNSS sangat signifikan dalam memfasilitasi navigasi (UNOOSA, 2011).

Metode penentuan posisi GNSS melibatkan pengamatan dan pengukuran terhadap satelit atau objek luar angkasa lainnya. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan *receiver* GNSS geodetik, yang pada kasus ini adalah penerima (*receiver*) *rover* GNSS dengan tipe dual *frequency*. Pada pengamatan, *receiver* mampu menerima data berkode dan *fase* dari satelit-satelit GNSS (Yuwono, Awaluddin, dan Hapsari, 2017). Tak hanya itu, penting bagi *rover receiver* GNSS yang digunakan untuk memiliki teknologi komunikasi yang memungkinkannya berinteraksi dengan stasiun referensi atau pusat kendali menggunakan teknologi radio, GSM, GPRS, atau CDMA. Melalui teknologi ini, *rover receiver* dapat mengirimkan atau menerima koreksi data koordinat posisi. Menggunakan jaringan stasiun referensi yang dikendalikan oleh *server*, memungkinkan perolehan koordinat atau posisi titik dengan tingkat ketelitian yang luar biasa (akurasi 1 cm hingga 5 cm) (Kujawa dan Rogowski, 2008).

Supaya data pengukuran dapat tercapai dengan akurasi yang tinggi, ada beberapa hal harus diperhatikan dalam pelaksanaan pengukuran. Salah satunya adalah lokasi pengukuran harus memiliki pandangan yang tak terhalang ke arah langit sehingga sinyal dari satelit GNSS bisa diterima oleh *receiver* secara efektif tanpa gangguan.

Di samping itu, lokasi pengukuran harus cukup jauh dari objek atau benda yang dapat memantulkan sinyal dari satelit GNSS untuk mengurangi efek *multipath* (Ramadhon, 2020).

Perkembangan satelit sistem navigasi global (GNSS) di dunia telah mengalami transformasi signifikan, mulai dari pendirian sistem GPS oleh Amerika Serikat hingga munculnya alternatif seperti GLONASS, Galileo, dan Beidou. Terobosan teknologi, peningkatan akurasi, dan peningkatan jumlah satelit telah memungkinkan layanan navigasi yang lebih andal dan presisi, berdampak pada berbagai sektor, termasuk transportasi, pemetaan, pertanian, dan ilmu pengetahuan. Jumlah satelit dalam sistem GNSS dapat bervariasi tergantung pada sistem yang spesifik dan kondisi saat ini. Di bawah ini adalah jumlah satelit dalam beberapa sistem GNSS (Bakara, 2011):

1. GPS (*Global Positioning System*): Sistem GPS dari Amerika Serikat memiliki konstelasi yang terdiri dari sekitar 24-32 satelit yang beroperasi di tiga bidang orbit.
2. GLONASS (*Global Navigation Satellite System*): Sistem GLONASS dari Rusia memiliki konstelasi yang terdiri dari sekitar 24-27 satelit yang ditempatkan di tiga bidang orbit.
3. Galileo: Sistem Galileo dari Uni Eropa sedang dalam tahap pengembangan dan direncanakan memiliki total 30 satelit operasional.
4. Beidou (Compass): Sistem Beidou dari China, setidaknya pada saat terakhir saya mendapatkan informasi, telah memiliki sekitar 30 satelit operasional dalam konstelasi globalnya.
5. QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*): Sistem QZSS dari Jepang terdiri dari beberapa satelit, termasuk satelit *quasi-zenith* yang membantu peningkatan akurasi dalam wilayah Asia Pasifik.
6. IRNSS (*Indian Regional Navigation Satellite System*): Sistem IRNSS dari India, juga dikenal sebagai NavIC (*Navigation with Indian Constellation*),

memiliki konstelasi dengan sejumlah satelit yang dirancang untuk memberikan layanan navigasi di wilayah India dan sekitarnya.

2.3. CORS (*Continuously Operating Reference Station*)

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) merupakan stasiun yang sanggup menerima sinyal-sinyal yang diberikan oleh GNSS (*Global Navigation Satellite System*). CORS melakukan pengamatan dengan durasi 24 jam tiap harinya secara static. Peningkatan terkini dalam GPS telah memungkinkan penggunaan sistem CORS, sebuah perangkat yang dapat menerima sinyal-sinyal GPS tanpa gangguan. CORS memiliki kemampuan untuk menyimpan data, mengolah data tersebut, kemudian mengirimkan hasilnya ke penerima *rover* untuk kebutuhan pengguna. Setiap jaringan CORS terdiri dari beberapa stasiun CORS yang saling terhubung melalui jalur komunikasi yang memungkinkan perhitungan dalam waktu nyata. Setiap stasiun minimal terdiri dari *receiver* geodetik, antena, saluran komunikasi data, dan sumber daya listrik (Fadilla, Subiyanto, & Suprayogi, 2017)

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) merujuk pada stasiun yang memiliki kemampuan untuk melacak sinyal-sinyal yang dipancarkan oleh sistem GNSS (*Global Navigation Satellite System*). CORS melaksanakan pengamatan secara statis selama 24 jam setiap harinya. Pemilihan dan penempatan CORS dilakukan dengan memperhatikan lingkungannya yang bebas dari hambatan (terbuka), mengurangi dampak *multipath* pada pengamatan. CORS sering digunakan sebagai titik referensi dalam mengontrol jaringan geodesi yang tersebar di seluruh pulau Indonesia. Dikarenakan akurasinya yang tinggi, CORS sering menjadi basis dalam mengaitkan dan memproses data *baseline*. Posisi titik yang terhubung dengan CORS memungkinkan pemantauan perubahan posisi dan besaran perubahan yang terjadi. (Saputra, Awaluddin, dan Yunowo, 2017)

Jika jaringan CORS memiliki kualitas baik dan dilengkapi dengan sistem komunikasi data yang lancar, stasiun-stasiun CORS tersebut dapat mengirimkan data mentah (*raw data*) ke *server* pusat. Layanan penggunaan CORS pada umumnya terbagi menjadi dua kategori, yaitu untuk pengolahan data pasca-pemrosesan dan pengolahan secara *real-time*. Pada jaringan *offline* yang menyediakan informasi data untuk pengolahan pasca-pemrosesan, file data disimpan dalam format RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*). Sementara pada penggunaan jaringan *online*, aplikasi yang digunakan adalah *real-time kinematic* (RTK) dengan format RTCM (*Radio Technical Commission for Maritime Services*), format yang biasanya digunakan dalam transmisi data secara *real-time* untuk koreksi GPS diferensial dari stasiun CORS ke penerima *rover* yang digunakan oleh pengguna. (Marbawi, Yunowo, dan Sudarsono, 2015)

Sistem CORS memungkinkan untuk mencapai akurasi posisi yang mendekati beberapa sentimeter relatif terhadap Sistem Referensi Spasial Nasional, baik secara horizontal maupun vertikal. *Continuously Operating Reference Station* (CORS) menggunakan *receiver* GNSS dan mendukung berbagai aplikasi akurasi tinggi dalam survei, pemetaan, navigasi, dan geodesi. Pengembangan jaringan CORS semakin meluas di seluruh dunia dan akan terus digunakan dalam jangka panjang untuk studi geosains serta memberikan dasar bagi *positioning* GNSS-RTK (*Real Time Kinematic*) dan ekspansi teknologi termasuk *Assisted* GNSS atau A-GNSS. (Awaluddin dan Sasmita, 2018)

Agar dapat mengakses GNSS-CORS, penerima (*receiver*) perlu dilengkapi dengan koneksi internet untuk menerima data dari stasiun GNSS-CORS. Data GNSS-CORS dapat diakses melalui web dalam format RINEX (*Receiver Independent Exchange*) atau melalui *streaming* NTRIP (*Network Transport of RTCM via Internet Protocol*). NTRIP adalah metode yang digunakan untuk mengirimkan data koreksi GPS/GLONASS melalui jaringan internet, memungkinkan informasi posisi diperoleh secara cepat. Format RTCM (*Radio Technical Commission for*

Maritime Services) ditetapkan oleh komite khusus yang mengatur standar radio navigasi dan komunikasi maritim internasional (Kujawa & Rogowski, 2008)

2.4. RTK (*Real Time Kinematic*)

Metode RTK adalah cara yang sangat akurat untuk mendapatkan posisi titik yang diinginkan dalam waktu pengamatan singkat, mengandalkan data perbedaan kode (*differential data code*) dan fase pembawa (*carrier phase*). *Differential data code* dan *carrier phase* digunakan untuk mengukur koordinat titik yang ingin ditentukan. Pada dasarnya, pendekatan ini dianggap sebagai solusi terunggul dalam memperoleh koordinat titik dengan presisi tinggi dalam rentang waktu yang singkat. (Abidin H. , 2007)

Real-time Kinematic (RTK) mengharuskan dua penerima bekerja bersama secara simultan. Dalam metode ini, gelombang radio digunakan untuk mengirimkan koreksi ke penerima. Salah satu penerima menempati posisi stasiun referensi dan melakukan pengamatan GPS secara statik untuk mengirimkan koreksi kepada penerima lainnya (*rover*). Data pengukuran GPS dari kedua penerima diproses secara *real-time* oleh unit komputer di lapangan untuk menghasilkan penentuan titik dengan cepat. Karena metode ini memungkinkan perolehan posisi titik dengan akurasi tinggi dalam waktu singkat, survei kinematik *real-time* juga berguna untuk aplikasi pengukuran dalam proyek konstruksi. (Sheng, 2003)

Stasiun referensi dan juga pengguna perlu dilengkapi dengan perangkat pemancar dan penerima data. Akurasi posisi yang diberikan oleh sistem RTK berkisar antara 1 hingga 5 cm, dengan asumsi bahwa ambiguitas *fase* dapat dihitung dengan benar. Untuk mencapai tingkat akurasi tersebut, sistem RTK harus mampu menghitung ambiguitas *fase* dengan memanfaatkan data yang terbatas dan bahkan saat penerima bergerak. Agar ambiguitas dapat dihitung dengan cepat dan akurat, biasanya diperlukan penggunaan data *fase* dan *pseudorange* pada dua frekuensi,

geometri relatif yang optimal antara satelit, algoritma perhitungan yang handal, serta metode penghapusan bias dan kesalahan yang teliti dan efektif (Mukti dan Hanafi, 2022)

Sistem RTK memiliki kemampuan untuk menentukan posisi objek yang diam atau bergerak, menjadikannya alat yang dapat digunakan tidak hanya untuk survei GPS secara *real-time*, tetapi juga untuk navigasi yang memerlukan akurasi tinggi. Berbagai aplikasi dapat diakomodasi oleh sistem ini, termasuk *staking out*, penentuan dan rekonstruksi batas lahan, survei pertambangan, survei rekayasa untuk bendungan dan utilitas, serta aplikasi lain yang membutuhkan informasi posisi *horizontal* dalam waktu nyata dengan akurasi yang signifikan, dalam kisaran beberapa sentimeter.

2.5. NTRIP (*Networked Transport via RTCM Internet Protocol*)

Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) adalah layanan yang memfasilitasi aliran data GPS *differential* melalui jaringan internet. NTRIP berfungsi untuk menyampaikan data koreksi dari stasiun CORS ke berbagai penerima GPS pengguna, serta perangkat lain seperti komputer pribadi, laptop, atau ponsel pintar (Weber, 2006)

Dalam sistem RTK-NTRIP, jaringan internet digunakan sebagai pengganti sinyal radio untuk menghubungkan *base* dan *rover* dalam komunikasi mereka. Penggunaan metode pengukuran dengan RTK NTRIP dianggap lebih efektif karena mampu mencakup area yang lebih luas dari pendekatan RTK Radio. (Wiyono, 2020)

Di Indonesia, metode NTRIP telah diterapkan dengan data dari Stasiun CORS yang dapat diakses secara gratis oleh masyarakat. Tipe-tipe stasiun CORS di Indonesia terbagi menjadi dua kategori, yakni *single base station* dan *network base station*. *Single base station* adalah sistem CORS yang mengirimkan koreksi ke

rover melalui satu titik referensi, dengan kemampuan mencakup jarak sekitar 10-20 km untuk memberikan koreksi. Di sisi lain, *network base station* adalah sistem CORS yang memanfaatkan beberapa titik referensi, dengan jangkauan koreksi yang bisa mencapai 50 hingga 70 km. (Wiyono, 2020)

Empat komponen utama dalam sistem NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) adalah sebagai berikut (Prabowo, 2014):

1. *Server NTRIP (Network Transport)*, merupakan *server* yang menyediakan layanan streaming data RTCM (*Radio Technical Commission for Maritime Services*) melalui protokol internet. *Server* ini mengumpulkan data koreksi dari stasiun referensi CORS dan menyediakannya untuk diakses oleh pengguna melalui koneksi internet.
2. Stasiun Referensi CORS, merupakan stasiun pengukuran dengan posisi yang diketahui dengan sangat akurat. Stasiun ini mengumpulkan data observasi GNSS (*Global Navigation Satellite System*) dari satelit-satelit dan menghitung koreksi yang diperlukan untuk mengkoreksi pengukuran GPS.
3. *Rover Receiver (Penerima Rover)*, *receiver* yang digunakan oleh pengguna akhir atau perangkat lain untuk menerima data koreksi dari *server* NTRIP. Penerima *rover* ini memproses data koreksi yang diterima dan mengaplikasikannya pada pengukuran GPS yang dilakukan oleh *receiver* tersebut.
4. Aplikasi NTRIP *Client*, merupakan perangkat yang diinstal di penerima *rover* untuk menghubungkan dan berinteraksi dengan *server* NTRIP. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memilih stasiun referensi yang sesuai, mengakses data koreksi, dan mengintegrasikannya dengan pengukuran GPS di lapangan.

Komponen-komponen ini bekerja bersama-sama untuk mengirimkan data koreksi dengan akurasi tinggi melalui jaringan internet kepada pengguna, memungkinkan peningkatan presisi dalam navigasi dan pengukuran lokasi.

RTK NTRIP adalah pendekatan RTK yang memanfaatkan transmisi data *fase* dan data *pseudorange* melalui jaringan internet. Sistem ini mengandalkan ketersediaan jaringan internet untuk mentransfer data koreksi. Penggunaan *receiver* dalam metode ini mengharuskan adanya koneksi internet yang didukung oleh kartu GSM yang dapat dikonfigurasi di dalam *receiver*.

2.6. Satelit BEIDOU

Satelit Beidou, yang juga dikenal sebagai Compass, merupakan sistem satelit navigasi global yang dimiliki oleh China. Sistem ini dirancang untuk memberikan layanan navigasi, penentuan waktu, dan sinkronisasi di seluruh dunia. Beidou terdiri dari berbagai jenis satelit, termasuk satelit inti, satelit pembantu, dan satelit geostasioner. Tujuan utama dari sistem Beidou adalah untuk menyediakan layanan navigasi yang lebih independen bagi China dan dunia secara keseluruhan (Aulia, Yuwono, dan Awaluddin, 2016)

Standar kinerja layanan penentuan posisi, navigasi, dan penentuan waktu BDS adalah sebagai berikut (*China Satellite Navigation Office*, 2019):

1. Dalam kerangka layanan BDS, cakupan sistem mencakup secara global, memungkinkan pengguna untuk mengakses layanan di berbagai lokasi di seluruh dunia.
2. Untuk akurasi penentuan posisi, BDS menetapkan standar dengan tingkat akurasi sebesar 10 meter secara *horizontal* dan 10 meter secara vertikal pada tingkat kepercayaan 95%. Ini berarti bahwa dalam 95% pengukuran, hasil penentuan posisi BDS akan memiliki kesalahan kurang dari 10 meter dalam kedua dimensi tersebut.
3. BDS juga menawarkan akurasi pengukuran kecepatan sebesar 0,2 meter per detik pada tingkat kepercayaan 95%. Hal ini berarti bahwa BDS mampu

mengukur kecepatan obyek dengan tingkat akurasi yang tinggi dalam 95% pengukuran.

4. Untuk akurasi penentuan waktu, BDS memiliki standar sebesar 20 nanodetik pada tingkat kepercayaan 95%. Ini menunjukkan bahwa BDS mampu memberikan informasi waktu yang sangat tepat dalam 95% pengukuran.
5. Ketersediaan layanan sistem BDS dijaga pada tingkat lebih dari 95%. Artinya, BDS dirancang untuk tersedia dan dapat diakses oleh pengguna dalam 95% waktu operasionalnya.
6. Di kawasan Asia-Pasifik, akurasi penentuan posisi lebih tinggi, dengan standar sebesar 5 meter secara horizontal dan 5 meter secara vertikal pada tingkat kepercayaan 95%. Ini berarti bahwa di wilayah ini, pengguna BDS dapat mengandalkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam menentukan posisi mereka.

Hasil dari standar kinerja BDS ini mengindikasikan bahwa BDS adalah sistem yang dapat memberikan layanan dengan tingkat akurasi yang tinggi, ketersediaan yang baik, dan cakupan global, dengan peningkatan akurasi tambahan di wilayah Asia-Pasifik, yang relevan dalam berbagai konteks penelitian dan aplikasi seperti yang telah dijabarkan sebelumnya (*China Satellite Navigation Office, 2019*).

Berikut adalah jenis orbit satelit pada satelit Beidou (*China Satellite Navigation Office, 2019*):

1. GEO (*Geostationary Earth Orbit*)

Satelit Beidou yang berada dalam orbit geostasioner (GEO) memiliki posisi ketinggian 35.786 km di atas permukaan bumi dan memiliki posisi yang relatif terhadap suatu titik di permukaan Bumi. Pada orbit geostasioner, saat ini ada 7 satelit Beidou yang beroperasi. Mereka mengorbit sejajar dengan rotasi bumi dan dapat memberikan layanan navigasi yang stabil dan kontinu untuk wilayah tertentu. Satelit Beidou yang berada dalam orbit GEO bertanggung jawab untuk memberikan sinyal yang konsisten dan akurat di wilayah tersebut.

2. Orbit MEO (*Medium Earth Orbit*)

Orbit MEO berada di antara orbit GSO/GEO yang tinggi dan orbit rendah yang lebih dekat dengan Bumi. Pada orbit ini ada 27 satelit Beidou yang beroperasi dengan ketinggian 10.000-20.200 km. Orbit ini memungkinkan satelit berada dalam jarak yang lebih dekat dengan kita, yang dapat membuat sinyal navigasi lebih kuat dan lebih akurat di permukaan.

3. IGSO (*Inclined GeoSynchronous Orbit*)

Orbit IGSO adalah variasi dari orbit GEO di mana satelit memiliki inklinasi orbit yang sedikit miring terhadap bidang khatulistiwa. Pada orbit ini ada 10 satelit Beidou dengan kemiringan 55°. Ini memungkinkan satelit IGSO untuk memberikan cakupan yang lebih luas daripada satelit GEO karena mereka tidak terbatas pada lintang yang sama. Satelit IGSO digunakan untuk meningkatkan cakupan regional dalam BDS.

Beidou menawarkan beberapa keuntungan, terutama bagi China yang ingin mengurangi ketergantungannya pada sistem navigasi global dari negara lain. Beberapa kelebihan Beidou antara lain adalah untuk mengurangi ketergantungan pada sistem satelit navigasi lain, dapat memberikan akurasi yang lebih tinggi karena Beidou memiliki kombinasi satelit inti, pembantu, dan geostasioner, dan juga satelit Beidou memiliki kemampuan untuk memberikan layanan darurat dan koordinasi dalam situasi krisis.

2.7. ULPC (Universitas Lampung CORS)

Pada tanggal 8 Desember 2021, Universitas Lampung CORS (ULPC) mulai beroperasi. ULPC terletak di Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. ULPC menawarkan layanan data RINEX dengan berbagai tingkat pengambilan sampel (*sampling rate*) dan juga *streaming* NTRIP

untuk aplikasi RTK dan DGPS. Bagi mereka yang ingin menggunakan data dari ULPC, pengguna dapat menghubungi tim pengelola stasiun CORS di Universitas Lampung.

Produk C220GR2 yang berasal dari CHC Navigation Shanghai adalah sebuah antena ULPC yang disertai dengan *receiver* CHC N 72. Berikut adalah deskripsi lebih lanjut mengenai produk tersebut:

1. CHC Navigation C220GR2 Geodetic GNSS Antenna



Gambar 1. CHC C220GR2

(Sumber: https://img.directindustry.com/images_di/photo-mg/174453-12748873.webp)



Gambar 2. Tampilan Antena ULPC

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Dalam desain yang ringkas dan ringan, antenna CHC *Navigation* C220GR2 mengintegrasikan kinerja antenna *choke-ring* GNSS. Keunggulannya meliputi kemampuan pelacakan elevasi rendah dengan penolakan *multipath* yang optimal, pola polarisasi sudut lebar yang melingkar, dan *fase* pusat yang konsisten. Kualitas inilah yang menjadikannya pilihan tepat untuk aplikasi geodetik presisi tinggi, termasuk pemantauan GNSS CORS dan deformasi.

Desain *multi-band* dari antenna CHC *Navigation* C220GR2 mendukung secara komprehensif semua sinyal GNSS saat ini dan yang akan datang, termasuk GPS, GLONASS, Beidou, Galileo, QZSS, IRNSS, SBAS, serta L-band. Keistimewaan desain *multipath* yang kompak dan minim menghasilkan antenna yang unik. Tersedia fitur peningkatan LNA yang canggih serta pola lebar yang luas, memberikan fleksibilitas luar biasa untuk aplikasi yang menuntut penerimaan satelit dalam elevasi rendah dan sinyal GNSS yang optimal, khususnya dalam situasi dengan hambatan. Ketepatan pusat fase antenna mencapai level milimeter dengan stabilitas dan reproduktibilitas yang sangat tinggi, memastikan pemrosesan data GNSS berjalan sempurna tanpa memandang jarak *baseline*.

Dirancang untuk menghadapi berbagai cuaca termasuk fluktuasi suhu ekstrem, antenna CHC *Navigation* C220GR2 dilapisi dengan radome tahan sinar ultraviolet dan tahan air. Kemampuannya untuk beroperasi secara terus-menerus tanpa gangguan menjadikannya cocok untuk penggunaan jangka panjang yang andal.

2. Receiver GNSS CHCN72



Gambar 3. Receiver GNSS CHCN72 ULPC
(Sumber: <https://chcnavigation.jianguoyun.com/p/Dbqdug4QutyuBhjF5bIE>)

2.8. Menghitung Jarak

Jarak antara dua titik dapat diartikan sebagai panjang garis yang menghubungkan keduanya. Perhitungan jarak antar titik bermanfaat dalam menentukan jarak suatu objek dari objek lainnya melalui garis lurus yang terbentang. Apabila koordinat dari dua titik A dan B pada bidang datar telah diketahui - di mana titik A memiliki koordinat (X_a, Y_a) , dan titik B memiliki koordinat (X_b, Y_b) - maka jarak (D) antara keduanya dapat dihitung berdasarkan koordinat titik-titik tersebut. Adapun rumus untuk menghitung jarak yaitu (Syaifullah, 2014):

$$D_{a-b} = \sqrt{(X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- D_{a-b} : Jarak titik a ke titik b
 X_a : Absis titik a
 X_b : Absis titik b
 Y_a : Ordinat titik a
 Y_b : Ordinat titik b

2.9. Akurasi Nilai Koordinat

Akurasi adalah ukuran yang menentukan tingkat kemiripan antara hasil pengukuran dengan nilai yang sebenarnya diukur. Ini digunakan untuk mengevaluasi akurasi koordinat yang dihasilkan oleh pengamatan RTK NTRIP dengan dan tanpa menggunakan satelit Beidou. Akurasi sering tercermin dalam nilai RMSE_{xy} koordinat observasi.

Root Mean Square Error (RMSE) adalah ukuran tingkat kesalahan dalam prediksi, dimana semakin rendah (mendekati 0) nilai RMSE, semakin tinggi akurasi

prediksinya. Nilai RMSE_{xy} dihitung menggunakan persamaan berikut ini (PERKA BIG, 2014):

$$RMSE_{xy} = \sqrt{\frac{\sum(X_{data} - X_{cek})^2 + (Y_{data} - Y_{cek})^2}{n}} \quad (2)$$

Keterangan :

RMSE_{xy} : *Root Mean Square Error*

Xdata : Nilai koordinat X pengamatan RTK NTRIP

Xcek : Nilai koordinat X pengamatan statik

Ydata : Nilai koordinat Y pengamatan RTK NTRIP

Ycek : Nilai koordinat Y pengamatan statik

n : Banyak data pengamatan

2.10. *Outlier*

Outlier merujuk pada data atau titik yang signifikan dalam perbedaan dari nilai-nilai lain dalam sekumpulan data, dan memiliki potensi untuk mempengaruhi hasil analisis. Mereka dapat timbul akibat berbagai faktor, termasuk kesalahan data, nilai yang luar biasa, atau bahkan mencerminkan pola yang unik. Dalam konteks statistik, *outlier* sering kali ditemukan dan dianalisis guna memperoleh pemahaman yang lebih mendalam terhadap data serta untuk membuat keputusan yang lebih akurat.

Untuk mendeteksi adanya *outlier*, diperlukan pendekatan standarisasi data. Proses standarisasi data melibatkan normalisasi nilai-nilai dari distribusi yang mencakup *mean* (rata-rata) dan *standard deviation* (simpangan baku) data.

Nilai-nilai yang telah distandarisasi ini digunakan untuk menentukan batasan data yang akan dianggap sebagai *outlier* dan mungkin akan diabaikan dalam analisis

lebih lanjut. Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai standarisasi data dapat dilihat pada persamaan 3 (Puspita, 2021).

$$z = \frac{(x-\bar{x})}{s} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

z = Nilai Standarisasi

x = Data Pengamatan

\bar{x} = Rata-rata Data Pengamatan

s = Simpangan Baku

2.11. Uji Kesamaan

Analisis perbandingan varian adalah metode yang digunakan untuk memeriksa kemiripan antara dua varian, dengan tujuan menentukan apakah kedua varian tersebut serupa atau berbeda satu sama lain. Uji kesamaan menggunakan uji *fisher*, rumus yang digunakan dalam uji *fisher* dapat dilihat pada persamaan 4 (Ramadhony, 2017).

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \text{ atau } F = \frac{S_2^2}{S_1^2}, \text{ dimana } F = \frac{\text{Varian terbesar}}{\text{Varian terkecil}} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

s_1^2 = Varian kelompok 1

s_2^2 = Varian kelompok 2

F = Nilai F hitung

Tabel F distribusi sebagai berikut:

$$F_{\alpha, v1, v2} = \frac{1}{F_{1-\alpha, v1, v2}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

$F_{\alpha, v1, v2}$ = Nilai F table

Dasar pengambilan keputusan yaitu, apabila:

$F_{hitung} > F_{tabel}$, yang berarti tidak ada persamaan varian antar data.

$F_{hitung} < F_{tabel}$, yang berarti ada persamaan varian antar data.

2.12. Uji Beda

Uji perbedaan digunakan untuk menilai apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara dua nilai yang sedang diuji. Prosedur ini melibatkan penggunaan uji t dengan derajat kebebasan tertentu dan tingkat kepercayaan yang telah ditentukan sebelumnya. Uji t merupakan metode statistik parametrik yang diterapkan untuk menguji validitas hipotesis nol, yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara dua rata-rata sampel yang diambil secara acak dari populasi. Rumus uji-t dua sampel bebas yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 6 sampai dengan 7 (Soeprajogo & Ratnaningsih, 2020).

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

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

t : Nilai t -hitung

- \bar{x}_1 : Rata – rata data kelompok 1
 \bar{x}_2 : Rata – rata data kelompok 2
 s_p : Standar deviasi gabungan
 S_1 : Standar deviasi data pengamatan kelompok 1
 S_2 : Standar deviasi data pengamatan kelompok 2
 n_1 : Banyak data pengamatan kelompok 1
 n_2 : Banyak data pengamatan kelompok 2

Dasar pengambilan keputusan yaitu, apabila:

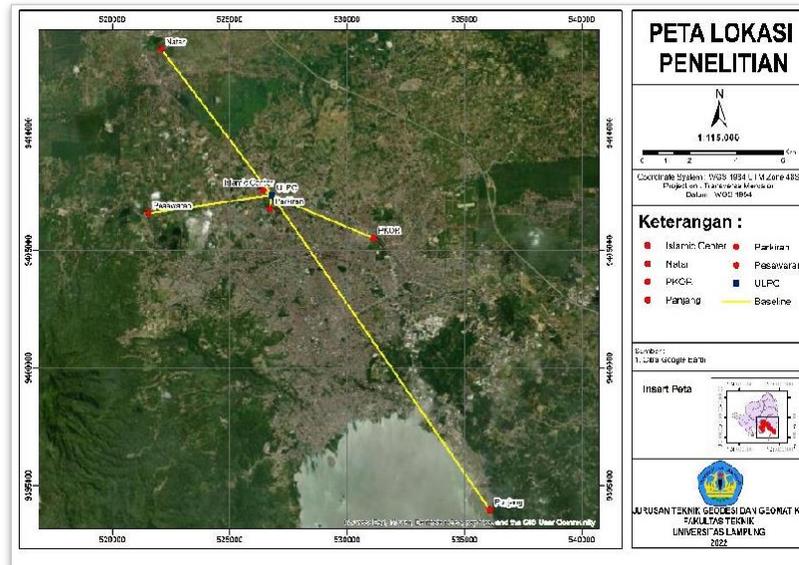
$t_{hitung} > t_{tabel}$, maka t_{hitung} ditolak yang berarti ada perbedaan yang signifikan.

$t_{hitung} < t_{tabel}$, maka t_{hitung} tidak ditolak yang berarti tidak ada perbedaan signifikan

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Titik pengamatan RTK NTRIP yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Lokasi Titik Pengamatan RTK NTRIP

Pengamatan menggunakan RTK NTRIP dilakukan di enam lokasi yang tersebar di Provinsi Lampung, dengan menggunakan titik basis dari CORS Universitas Lampung. Berikut ini adalah penjabaran dari lokasi-lokasi pengamatan RTK NTRIP tersebut:

1. *Islamic Center* Bandar Lampung: berjarak kurang lebih 400 m dari ULPC. Terletak di Jl. Soekarno Hatta, Rajabasa Raya, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung.

2. Parkiran Terpadu UNILA: berjarak kurang lebih 500 m dari ULPC. Terletak di lingkungan Universitas Lampung.
3. PKOR: berjarak kurang lebih 4 km dari ULPC. Terletak tepat didepan pintu masuk lapangan panahan PPLP di Kompleks PKOR Way Halim.
4. Pesawaran: berjarak kurang lebih 5 km dari ULPC. Terletak di Jl. Lintas, Kurungannyawa, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Lampung 35153. Tepat di halaman lahan pertanian Hortipark Pesawaran, di seberang SAMSAT Pesawaran.
5. Natar: berjarak kurang lebih 7 km dari ULPC. Terletak di Jl. Jaya Taruna, Merak Batin, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Tepatnya di seberang Kantor Kecamatan Natar.
6. Panjang: berjarak kurang lebih 16 km dari ULPC. Terletak di Jl. Lintas Sumatera, Karang Maritim, Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan peralatan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari:

1. 1 (satu) unit GPS Geodetik Hi-Target V60



Gambar 5. Hi-Target V60

(Sumber: <https://hitargetindonesia.net/gps-geodetic-hi-target-v60-gnss-rtk/>)

2. 1 (satu) unit *controller* Hi-Target *ihand 20*



Gambar 6. Hi-Target *ihand 20*

(Sumber: <https://www.lhgeo.com.br/coleto-de-dados-ihand20-hi-target-com-android>)

3. 1 (satu) unit *tribrach*
4. 1 (satu) unit meteran 3 m
5. 1 (satu) unit unit statif
6. 1 (satu) unit *stopwatch*
7. 1 (satu) unit laptop
8. *Mouse*
9. *Harddisk/flashdisk*
10. Alat tulis

Perangkat lunak terdiri dari:

1. *Microsoft Word* 2013, digunakan untuk penulisan laporan.
2. *Microsoft Excel* 2013, digunakan untuk pengolahan data.
3. *Microsoft Power Point* 2013, digunakan untuk presentasi hasil penelitian

3.2.2. Data Penelitian

Dalam rangkaian penelitian, data memegang peranan yang sangat krusial. Dalam konteks penelitian ini, data yang dianalisis terbagi menjadi dua kategori, yaitu data primer dan data sekunder.

3.2.2.1. Data Primer

Data primer berasal dari pengambilan data langsung di lapangan berupa data hasil pengamatan RTK NTRIP dengan dan tanpa menggunakan satelit Beidou yang terdiri dari:

1. Nilai koordinat dalam bentuk UTM.
2. Catatan lama waktu pengamatan.

3.2.2.2. Data Primer

Data primer berasal dari pengambilan data langsung di lapangan berupa data hasil pengamatan RTK NTRIP dengan dan tanpa menggunakan Satelit Beidou yang terdiri dari:

1. Nilai koordinat dalam bentuk UTM.
2. Catatan lama waktu mencapai *fixed*

3.2.2.3. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil pengamatan statik berupa nilai koordinat titik pengamatan, yang tersaji pada tabel berikut:

Tabel 2. Data Sekunder Koordinat ULPC

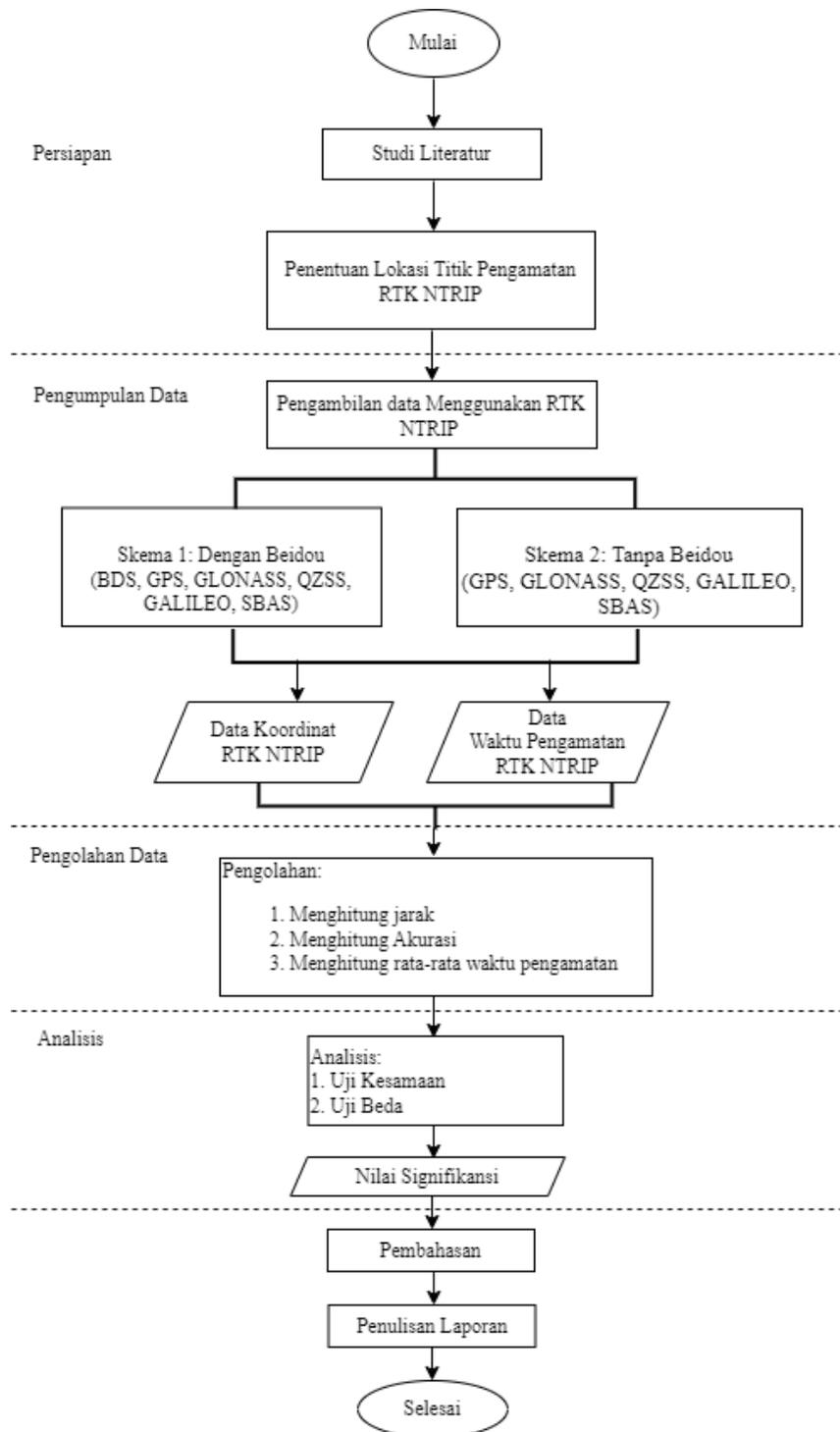
| Koordinat ULPC | |
|----------------|---------------|
| X (m) | Y (m) |
| 526.789,6130 | 9.407.360,192 |

Tabel 3. Data Sekunder per titik pengamatan

| Titik Pengamatan | Koordinat | |
|------------------|--------------|----------------|
| | X (m) | Y (m) |
| Parkiran | 526.713,5649 | 9.406.777,5607 |
| PKOR | 531.126,5729 | 9.405.529,2570 |
| Pesawaran | 521.526,6188 | 9.406.593,3690 |
| Natar | 522.087,9084 | 9.413.572,2310 |
| Panjang | 536.077,3636 | 9.393.971,6670 |

3.3. Diagram Alir

Alur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

3.4. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.4.1. Persiapan

Tahap persiapan pada penelitian terdiri dari beberapa kegiatan

3.4.1.1. Studi Literatur

Langkah pertama dalam eksplorasi literatur adalah untuk mengakses informasi serta teori-teori yang akan digunakan sebagai pedoman dan referensi, sehingga peneliti memperoleh pemahaman yang lebih dalam. Referensi ini mencakup topik-topik seperti:

1. GNSS (*Global Navigation Satellite System*)
2. Penentuan posisi menggunakan GNSS
3. *Receiver* GNSS
4. CORS (*Continuously Operating Reference Station*)

Studi literatur yang digunakan pada penelitian ini diambil dari jurnal penelitian dan artikel dari internet.

3.4.1.2. Penentuan Lokasi Pengamatan

Untuk memastikan pengambilan data yang tidak terganggu, lokasi pengamatan yang dipilih adalah berupa area terbuka. Proses penentuan letak dimulai dengan menggambar garis imajiner pada citra *Google Earth*, yang membantu dalam memudahkan pemilihan lokasi pengamatan. Garis panduan ini berfungsi sebagai titik awal untuk menentukan posisi pengambilan sampel lokasi observasi. Diharapkan bahwa titik-titik pengamatan yang terpilih akan merata dalam 4 arah mata angin, sehingga wilayah tersebut melingkupi area sekitar CORS Universitas Lampung.

3.4.2. Pengumpulan Data

Data memiliki peran krusial dalam konteks penelitian. Pengamatan menggunakan metode RTK NTRIP dilakukan pada lokasi yang telah ditentukan, yaitu di enam titik. Dalam metode ini, CORS ULPC digunakan sebagai titik dasar (*base*) dan GPS Geodetik Hi-target berperan sebagai stasiun pengamatan (*rover*). Proses pengamatan dilakukan pada elevasi 15° dengan interval waktu pengamatan berkisar antara 3 hingga 7 menit dengan menggunakan satelit Beidou dan tanpa menggunakan satelit Beidou. Pada setiap sesi pengamatan, data direkam sebanyak 10 kali, menghasilkan total 20 data pada setiap titik observasi.

Dari serangkaian pengamatan RTK NTRIP, data yang diambil adalah nilai koordinat yang tersedia secara langsung melalui pengunduhan dari kontroler GPS Geodetik Hi-target. Pengamatan berlangsung hingga mencapai status "*fix*", dengan syarat akurasi *horizontal* dan *vertical* yang mencapai 1 cm. Setelah data sampel yang dibutuhkan berhasil terkumpul, langkah selanjutnya adalah memproses data tersebut.

Hasil pengamatan RTK NTRIP dengan dan tanpa menggunakan satelit Beidou ini kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*.

3.4.3. Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari pengamatan RTK NTRIP terdiri dari nilai koordinat yang dapat diunduh secara langsung dari kontroler GPS Geodetik Hi Target, bersama dengan catatan mengenai lamanya proses pengamatan. Nilai koordinat yang dimanfaatkan adalah koordinat UTM (*easting*, *northing*). Setelah itu, langkah selanjutnya melibatkan pengolahan data hasil pengamatan RTK NTRIP.

Proses pengolahan meliputi perhitungan nilai RMSE_{xy} guna mengevaluasi akurasi koordinat sesuai dengan ketentuan Perka BIG. Selain itu, dilakukan uji perbedaan dengan uji t untuk mengidentifikasi adanya seberapa besar perbedaan nilai koordinat yang dihasilkan oleh pengamatan RTK NTRIP dengan dan tanpa menggunakan satelit Beidou. Selanjutnya, dilakukan perhitungan untuk mencari rata-rata waktu pengamatan dengan dukungan perangkat lunak *Microsoft Excel 2019*.

3.4.3.1. Menghitung Jarak

Pada langkah ini, dilakukan penghitungan jarak antara *base*, yaitu ULPC, dengan titik *rover*, yaitu lokasi pengamatan RTK NTRIP yang tersebar di enam lokasi. Penghitungan jarak ini menggunakan persamaan 1, dengan mengurangi nilai x dan y dari setiap titik pengamatan dengan nilai x dan y dari titik ULPC. Hasil perhitungan ini memberikan jarak antara *base* dan *rover*, atau jarak antara ULPC dan titik pengamatan RTK NTRIP.

3.4.3.2. Menghilangkan *Outlier*

Dalam tahap ini, dilakukan proses eliminasi *outlier* pada nilai jarak. Tujuan dari penghilangan *outlier* adalah untuk menyaring data yang tidak valid, sehingga hanya data yang berkualitas yang dihasilkan. Data yang tidak valid dapat diidentifikasi melalui analisis kurva distribusi normal dan proses standarisasi data. Kurva distribusi normal digunakan untuk memvisualisasikan sebaran data dalam bentuk grafik, sementara proses standarisasi digunakan untuk menentukan batas-batas data yang akan dipertahankan.

3.4.3.3. Menghitung Akurasi

Keakuratan digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana nilai koordinat yang dihasilkan pengamatan RTK NTRIP dengan mengaktifkan dan menonaktifkan satelit Beidou. Keakuratan ini tercermin dalam nilai RMSE_{xy}

dari koordinat pengamatan, di mana semakin rendah (mendekati 0) nilai RMSE, semakin tinggi tingkat akurasi prediksi.

RMSE_{xy} memiliki penggunaan dalam menetapkan ketelitian pada peta RBI. Ini dicapai dengan mengalikan nilai standar akurasi dengan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi (RMSE) dari koordinat x dan y hasil pengamatan RTK NTRIP. Hal ini dijelaskan melalui persamaan kedua.

3.4.3.4. Uji Kesamaan Menggunakan Uji *Fisher*

Uji kesamaan digunakan untuk mengetahui ada tidaknya persamaan varian jarak pada pengamatan RTK NTRIP dengan mengaktifkan dan menonaktifkan satelit Beidou. Metode pengujian menggunakan uji-f dengan selang kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$). Pengambilan keputusan dilakukan dengan membandingkan hasil f hitung dengan f tabel. Nilai f hitung bisa didapatkan pada persamaan 4. Pengambilan keputusan dalam uji kesamaan sebagai berikut:

1. Jika nilai f hitung $>$ f tabel, yang berarti tidak ada kesamaan varian antar data;
2. Jika nilai f hitung $<$ f tabel, yang berarti ada kesamaan varian antar data.

3.4.3.5. Uji Beda Menggunakan Uji *t*

Proses pengujian perbedaan digunakan untuk mengidentifikasi apakah ada perbedaan yang signifikan dalam rata-rata jarak saat mengaktifkan dan menonaktifkan satelit Beidou pada pengamatan RTK NTRIP. Metode yang diterapkan dalam pengujian ini adalah uji-t dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$). Penentuan keputusan dilakukan melalui perbandingan antara nilai t hitung dan nilai t tabel.

Nilai t hitung bisa didapatkan pada persamaan 6. Pengambilan keputusan dalam uji beda sebagai berikut:

1. Jika nilai t hitung $>$ t tabel, yang berarti ada perbedaan rata-rata antar data.

2. Jika nilai t hitung $< t$ tabel, yang berarti tidak ada perbedaan rata-rata antar data

3.4.3.6. Menghitung Lama Waktu Mencapai *Fixed Solution*

Waktu yang diperlukan diukur mulai dari awal pengamatan RTK NTRIP hingga mencapai status "*fix*" dengan batas ketelitian HRMS dan VRMS sebesar 1 cm. Pengukuran waktu ini dilakukan dengan menggunakan *stopwatch*, dimulai dari saat alat dihidupkan hingga status "*fix*" tercapai. Prosedur ini diulang pada saat satelit Beidou aktif dan tidak aktif.

Setiap sesi pengamatan menghasilkan 5 catatan waktu, dengan interval perekaman antara 3 hingga 5 menit. Kemudian data waktu yang terkumpul akan dihitung rata-ratanya.

3.4.4. Pembahasan dan Pelaporan

Hasil pengolahan data nilai koordinat hasil pengamatan RTK NTRIP dengan dan tanpa mengaktifkan satelit Beidou pada tahap ini akan dianalisis dan dilaporkan dalam bentuk tulisan.

V. PENUTUP

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian pengamatan RTK NTRIP dengan dan tanpa menggunakan satelit Beidou, dapat peneliti simpulkan sebagai berikut:

1. Nilai akurasi (RMSE_{xy}) yang dihasilkan pada pengamatan RTK NTRIP dengan Beidou yaitu sebesar 0,03 m dan tanpa Beidou sebesar 0,04 m. Nilai tersebut didapat dari hasil merata – ratakan seluruh nilai RMSE_{xy} pada 5 (lima) titik pengamatan.
2. Dari hasil perhitungan uji beda terhadap nilai jarak menunjukkan nilai t hitung $< t$ tabel sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan satelit Beidou atau tanpa penggunaan satelit Beidou pada pengamatan RTK NTRIP tidak memiliki perbedaan yang signifikan.
3. Waktu tercepat mencapai status *fix* disemua lokasi yaitu dengan mengaktifkan Satelit Beidou dengan rentang waktu 12 sampai dengan 21 detik. Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa menambahkan satelit Beidou pada pengamatan RTK NTRIP memiliki lama waktu pengamatan yang relatif lebih cepat hingga 21,75 detik, hal ini dikarenakan banyaknya Satelit Beidou yang tersebar di beberapa orbit dengan ketinggian orbit yang bervariasi yaitu GEO (*Geostationary Earth Orbit*), MEO (*Medium Earth Orbit*), dan IGSO (*Inclined GeoSynchronous Orbit*).

5.2. Saran

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

1. Titik pengamatan lebih banyak akan lebih baik sehingga data yang didapat akan lebih bervariasi. Titik pengamatan juga seharusnya menggunakan lahan terbuka dan juga lahan tertutup. Rentan jarak dibuat per-km agar dapat mengetahui batas maksimal dari ULPC.
2. Sebelum melakukan pengambilan data ada baiknya melakukan pelatihan alat agar pada saat pengambilan data dapat mengatasi gangguan yang terjadi pada alat.
3. Pastikan cek alat dan koneksi internet yang digunakan sebelum terjun ke titik pengamatan. Untuk menghindari segala macam gangguan yang tidak terduga seperti, alat yang tidak bisa terhubung ke *base*, alat yang tidak bisa menangkap sinyal satelit dan gangguan pada koneksi internet yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. 2007. *Penentuan posisi dengan GPS dan aplikasinya*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Abidin, Z. 2017. *Badan Informasi Geospasial*. Retrieved October 2021, from Badan Informasi Geospasial: big.go.id
- Aulia, F., Yuwono, B. D., dan Awaluddin, M. 2016. Analisis Ketelitian Spasial Menggunakan Satelit Beidou Untuk Pengukuran Bidang Dengan Metode RTK. *Jurnal Geodesi Undip*.
- Awaluddin, M., dan Sasmita, B. 2018. Hitungan Kecepatan Pergeseran Titik Pengamatan Deformasi Dengan GPS Menggunakan Titik Ikat Regional Dan Global. *Jurnal Geodesi Undip*, 102.
- Bakara, J. 2011. Perkembangan Sistem Satelit Navigasi Global dan Aplikasinya. *Peneliti Bidang Pengkajian Kedirgantaraan Nasional, LAPAN*, 38.
- China Satellite Navigation Office. 2019. *Development of the BeiDou Navigation*. Retrieved from Beidou Navigation Satellite System: <http://www.beidou.gov.cn/xt/gfzx/201912/P020191227430565455478.pdf>
- Chiuman, N., Atunggal, D., dan Widjajanti, N. 2021. Analisis Tingkat Ketersediaan dan Cakupan dari Continuously Operatig Reference Station (CORS) di Pulau Jawa . *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 40 (1), 30.
- Fadilla, L., Subiyanto, S., dan Suprayogi, A. 2017. Analisis Deformasi Di Wilayah Jawa Timur Dengan Menggunkan Cors Big. *Jurnal Geodesi Undip*, 517-525.
- Isioye, O. A., Combrinck, L., dan Botai, J. O. 2015. The potential for observing African weather with GNSS remote sensing In *Advances in Meteorology* (Vol. 2015). *Hindawi Publishing Corporation*.
- Kujawa, L., dan Rogowski, J. 2008. Possibility of Precise Positioning and Precise Inshore Navigation Using RTK and Internet. *International Journal on Marine*.
- Marbawi, M., Yuwono, B. D., dan Sudarsono, B. 2015. Analisis Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan GNSS RTK-Radio Dan RTK-NTRIP Pada Stasiun CORS UNDIP. *Jurnal Geodesi Undip*, 298-299.
- Mukti, F. D., dan Hanafi, F. 2022. Uji Ketelitian Data GNSS dengan Metode NTRIP terhadap Variasi Multipath di Lingkungan Universitas Negeri .

Jurnal Geografi : Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian, 46-53.

- Prabowo, G. I. 2014. *PERBANDINGAN TINGKAT KEPRESISIAN HASIL PENGAMATAN RTK NTRIP DENGAN BASE STATION CORS GMUI MENGGUNAKAN LIMA PROVIDER TELEKOMUNIKASI*. Yogyakarta: UGM (Universitas Gajah Mada).
- Prasetyo, E. 2007. *Karakteristik Kualitas Penentuan Posisi Dengan Kombinasi Satelit GPS dan GLONASS*. Malang: Institut Teknologi Nasional.
- Puspita, R. 2021. Analisis K-Means Cluster Pada Kabupaten/Kota Di Provinsi Banten Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, 267-281.
- Ramadhon, S. 2020. Pengaruh Lingkungan Pengamatan pada Ketelitian Horisontal GNSS dengan Metode RTK-NTRIP. *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi*, 27-35.
- Ramadhony, A. 2017. Analisis Pengukuran Bidang Tanah Dengan Menggunakan GPS Pemetaan. *Jurnal Geodesi Undip*, 305-315.
- Republik Indonesia. 2014. *Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No 15 Tentang Pedoman Teknik Ketelitian Peta Dasar*. Jakarta: Badan Informasi Geospasial.
- Saputra, R., Awaluddin, M., dan Yunowo, B. D. 2017. Analisis Deformasi di Wilayah Jawa Timur Dengan Menggunakan CORS BIG. *Jurnal Geodesi Undip*, 3.
- Saputra, R., Awaluddin, M., dan Yuwono, B. D. 2017. Analisis Deformasi Di Wilayah Jawa Timur Dengan Menggunakan CORS BIG. *Jurnal Geodesi Undip*, 422-432.
- Sheng, L. 2003. *Application of GPS RTK and Total Station System on Dynamic Monitoring Land Use*. Taiwan Republic of China: Departement of Land Economics National Changchi University.
- Soeprajogo, M. P., dan Ratnaningsih, N. 2020. Perbandingan Dua Rata-Rata Uji-T. *Universitas Padjajaran*, 5-20.
- Syaifullah, A. 2014. *Ilmu Ukur Tanah*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional.
- Weber, G. 2006. Streaming Real-Time IGS Data And Products Using NTRIP. *Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG)*.
- Wiyono, N. E. 2020. *UJI AKURASI PENGUKURAN GNSS COMNAV T300 DAN SOUTH G1*. Yogyakarta: STPN Yogyakarta.
- Yuwono, B. D., Awaluddin, M., dan Hapsari, W. 2017. Analisis Kecepatan Pergerakan Station Gns Cors UNDIP. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 27.