

**PERBANDINGAN KETELITIAN POSISI HASIL PENGAMATAN RTK  
NTRIP MENGGUNAKAN BEBERAPA VERSI RTCM (*RADIO  
TECHNICAL COMMISSION FOR MARITIME SERVICES*)**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**OKTA TRI SETIANI  
NPM 1715013009**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDARLAMPUNG  
2022**

**PERBANDINGAN KETELITIAN POSISI HASIL PENGAMATAN RTK  
NTRIP MENGGUNAKAN BEBERAPA VERSI RTCM (*RADIO  
TECHNICAL COMMISSION FOR MARITIME SERVICES*)**

**Oleh**

**OKTA TRI SETIANI**

**(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**

## ABSTRAK

### PERBANDINGAN KETELITIAN POSISI HASIL PENGAMATAN RTK NTRIP MENGGUNAKAN BEBERAPA VERSI RTCM (*RADIO TECHNICAL COMMISSION FOR MARITIME SERVICES*)

Oleh

OKTA TRI SETIANI

CORS di Indonesia terus berkembang dan mulai di kenal oleh masyarakat terutama di dunia pemetaan, salah satu stasiun CORS di Indonesia yakni ULPC yang berada di Universitas Lampung. ULPC menyediakan layanan secara *post processing* dan *realtime*, dengan bantuan internet suatu layanan *streaming data differential* GPS dapat menghasilkan koordinat posisi secara *realtime*. ULPC menyediakan berbagai pilihan format data *differential* diantaranya RTCM versi 2.3, versi 3.0, versi 3.2, CMR, CMR+, SCMR dan RTD. ULPC akan dimanfaatkan oleh banyak pengguna namun sampai saat ini belum pernah dikaji pengaruh penggunaan versi format data *differential* dalam menghasilkan ketelitian posisi pada pengamatan RTK NTRIP. Format data *differential* yang disediakan CORS ULPC perlu dilakukan kajian untuk mengetahui keakurasian koordinat dan kecepatan dalam pengiriman data koreksi atau lama waktu mencapai status *fix*.

Format data *differential* yang dikaji pada penelitian ini adalah RTCM versi (3.0, 3.2 dan CMR+) dengan data yang digunakan yakni nilai koordinat hasil pengamatan GNSS metode RTK NTRIP. Akurasi koordinat akan dilihat dari nilai RMSE<sub>xy</sub>, melihat beda nilai koordinat pada masing – masing versi RTCM dengan menggunakan uji t yang dilakukan pada deviasi jarak dan deviasi *azimuth* serta lama waktu pengamatan didapat dari meratakan waktu pengamatan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dari ketiga versi RTCM yang dikaji, versi CMR+ memiliki kemampuan lebih baik dari segi akurasi koordinat berdasarkan nilai RMSE<sub>xy</sub> yakni sebesar 0,03 m, hasil uji beda pada deviasi jarak an deviasi *azimuth* tidak memiliki perbedaan yang signifikan dan memiliki lama waktu pengamatan yang relatif lebih cepat yakni selama 12,80 detik. Dari nilai RMSE<sub>xy</sub> tersebut dapat dimanfaatkan dalam bidang pemetaan ketelitian peta RBI dengan skala 1:1.000.

**Kata kunci:** CORS ULPC, RTK NTRIP, RTCM, CMR+

## **ABSTRACT**

### **COMPARISON OF THE POSITION ACCURACY OF RTK NTRIP OBSERVATIONS USING SEVERAL VERSIONS RTCM (RADIO TECHNICAL COMMISSION FOR MARITIME SERVICES)**

**By**

**OKTA TRI SETIANI**

CORS in Indonesia continues to grow and is starting to be recognized by the public especially in the world of mapping, one of the CORS stations in Indonesia namely ULPC is located at the University of Lampung. ULPC provides post-processing and real-time services, with the help of the internet a differential GPS data streaming service can generate real-time position coordinates. ULPC provides a wide selection of differential data formats including RTCM version 2.3, version 3.0, version 3.2, CMR, CMR+, SCMR and RTD. ULPC will be used by many users but until now there has been no study on the effect of using a differential data format version in producing positional accuracy in RTK NTRIP observations. Therefore, it is necessary to study the use of several versions of the differential data format provided by CORS ULPC. The test is seen from the accuracy of the coordinates, the difference in the value of the coordinates observed in each version of the RTCM, and the length of time the observation reaches a fixed status.

The differential data format studied in this study is the RTCM version (3.0, 3.2 and CMR+) with the data used namely the coordinate values of the GNSS observations using the RTK NTRIP method. Coordinate accuracy is seen from the RMSE<sub>xy</sub> value of the coordinate value, testing the different coordinate values using the t test which is carried out on the distance deviation and azimuth deviation in each RTCM version and the length of time of observation is obtained from leveling the observation time.

The results of this study indicate that of the three RTCM versions studied, the CMR+ version has a better ability in terms of coordinate accuracy based on the RMSE<sub>xy</sub> value of 0.023 m, the results of the different test on distance deviation and azimuth deviation do not have a significant difference and have a long observation time. relatively faster that is for 12.80 seconds. From the RMSE<sub>xy</sub> value, it can be used in the field of mapping the accuracy of the RBI map with a scale of 1:1,000.

**Keywords:** CORS ULPC, RTK NTRIP, RTCM, CMR+

Judul Skripsi

: **PERBANDINGAN KETELITIAN POSISI  
HASIL PENGAMATAN RTK NTRIP  
MENGUNAKAN BEBERAPA VERSI RTCM  
(*RADIO TECHNICAL COMMISSION FOR  
MARITIME SERVICES*)**

Nama Mahasiswa

: **Okta Tri Setiani**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1715013009

Jurusan

: Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas

: Teknik



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

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

NIP. 197708242008121001

**Eko Rahmadi, S.T., M.T**

NIP. 197102102005011002

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

**Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.**

NIP. 196410121992031002

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua**

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



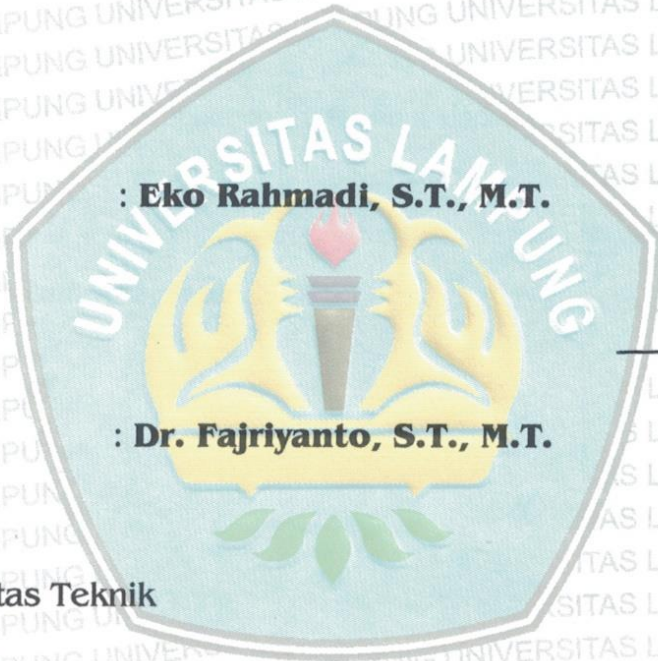

**Sekretaris**

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



**Anggota**

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



**2. Dekan Fakultas Teknik**



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

**NIP. 197509282001121002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 27 Oktober 2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya Okta Tri Setiani NPM 1715013009 menyatakan bahwa apa yang tertulis di dalam skripsi ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh komisi pembimbing, 1) Romi Fadly, S.T., M.Eng. 2) Eko Rahmadi, S.T., M.T. dan 3) Dr. Fajriyanto, S.T. M.T. Berdasarkan pengetahuan dan informasi yang saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisikan material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan dari beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya dengan kata lain bukanlah plagiat dari karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikab kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandarlampung, 27 Oktober 2022  
Pembuat Pernyataan

  
Okta Tri Setiani

## RIWAYAT HIDUP



Pada hari Senin tanggal 11 bulan Oktober tahun 1999 di Desa Gedung Sari, Anak Ratu Aji, Lampung Tengah telah lahir putri cantik dalam keadaan sehat dari pasangan Ibu Fatimah dan Bapak Saibani kemudian diberi nama Okta Tri Setiani. Lahir sebagai anak bungsu yang memiliki 2 (dua) kakak yakni Agus Irawan dan Sri Wulandari dengan rentan umur 12 tahun dan 10 tahun membuatnya menjadi bahan jahilan mamas dan emba.

Memulai masa pendidikan di Taman Kanak – kanak (TK) Aisyiyah Bustanul Athfal Gedung Sari, Lampung Tengah selesai pada tahun 2005, melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SDN 01 Gedung Sari, Anak Ratu Aji, Lampung Tengah selesai tahun 2011. Pada tahun yang sama melanjutkan sekolah menengah pertama di SMPN 1 Anak Ratu Aji, Lampung Tengah selesai tahun 2014. Selanjutnya memasuki sekolah menengah atas di SMAN 2 Kotabumi, Lampung Utara dan selesai pada tahun 2017.

Tahun 2017 penulis memasuki jenjang perkuliahan dan diterima menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif diberbagai organisasi kampus. Menjadi anggota Departemen Kerohanian HIMAGES 2017, anggota Bidang Kaderisasi FOSSI FT 2017, Sekretaris Departemen Kerohanian HIMAGES 2018, dan anggota Dinas Pendidikan dan Keilmuan BEM FT 2019.

Tahun 2020 penulis melaksanakan kerja praktik di Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh (Pustekdata) bidang Diseminasi, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (Lapan) dengan judul laporan **“Koreksi Atmosfer Data**



**Sentinel 2 Di Wilayah Kabupaten Cianjur**". Di tahun yang sama penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Putera Daerah di Desa Sukanegara Kecamatan Bangun Rejo, Lampung Tengah. Pada bulan Januari 2022 penulis memulai penelitian dengan judul **"Perbandingan Ketelitian Posisi Hasil Pengamatan RTK NTRIP Menggunakan Beberapa Versi RTCM (*Radio Technical Commission For Maritime Services*)"**.

## **PERSEMBAHAN**

# **Alhamdulillahirabbil'alaamiin..**

**Rasa syukur segala rahmat dan karunia Allah Subhanallahu Wata'ala kepada umat-Nya atas nikmat iman sehingga dapat merasakan indahnya Islam, shalawat dan salam tercurah kepada Nabi Muhammad Shalallahu 'Alaihi Wassalam**

**Teruntuk,**

**Diri sendiri, tercinta..**

**Mamak dan Bapak tersayang..**

**Keluarga terkasih..**

**Teman – teman dan semua pihak yang terlibat dalam karya ini.**

## **MOTTO**

*“Self-love is the best love !”*

*“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, (Al – Insyirah (94):6 - 7)”*

## 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 “Perbandingan Ketelitian Posisi Hasil Pengamatan RTK NTRIP Menggunakan Beberapa Versi RTCM (*Radio Technical Commission for Maritime Services*)”. 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 Romi Fadly, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas kesabaran dan ilmu yang telah bapak berikan. Senang sekali bisa dibimbing, mohon maaf Pak jika selama penyusunan skripsi ini saya banyak merepotkan dan mengganggu waktu bapak. Saya akan rindu dengan suasana lantai 3 yang amat dingin;
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 Dr. Fajriyanto, S.T., M.T. selaku dosen penguji terimakasih atas kritik dan saran yang bapak sampaikan sewaktu seminar sangat membatu saya untuk menyelesaikan penelitian dan laporan skripsi ini;

6. Kepada kedua orang tua tercinta (Ibu Fatimah dan Bapak Saibani) 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 Okta kuliahnya molor, suka jajan jadi boros (hehe), sehat – sehat ya mak pak (peluk) insha Allah nanti Okta yang gantian nemenin mamak bapak gantian ngejajanin (hihi). Aamiin...
7. Kakak - kakakku tersayang (Sri Wulandari, Asrofi Harun, Agus Irawan dan Martini) terima kasih atas untaian doa, semangat, dan motivasi serta tambahan uang jajan yang telah emba dan mamak berikan kepada penulis. Maaf karena masih sering dan akan selalu merepotkan (nyengir).
8. Keponakkan – keponakkanku terkasih (Asy – Syifa Nurul Karohmah, Raisyha Farzana Ayunindya, Erik Candra Winata, Tanisha Zaara Adzkiya) dan adikku (Wahyu Satya Aji) terima kasih sudah menghibur penulis saat penat dalam perkuliahan. Serta keluarga besar yang selalu memberikan semangat dan doa hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
9. Teman – teman 24/7, terima kasih atas pertemanan yang kalian berikan, waktu dan tempat berbagi cerita suka maupun duka. Teman – teman repotku (Exo Fam) terima kasih atas waktu, tenaga serta bantuan yang telah diberikan dalam proses pengambilan data yang tidak mudah, menemani saat bimbingan dan bantuan ide – ide dalam penulisan laporan. Teman – teman (HCL2, Suka Gak Jelas, Grup Gabut dan Teen) terima kasih atas kiriman semangat dan doa serta dukungan kepada penulis. Teman – teman seperjuangan Consultan 17 serta Survey Pemetaan 2017 yang telah berbagi semangat dan dukungan selama perkuliahan. Semoga kita dapat berkumpul lagi dilain kesempatan. Kita semua luar biasa. Semua pihak yang selama ini memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
10. 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;

Penulis berdoa semoga segala bantuan yang diberikan mendapat balasan dari Allah SWT.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini berguna dan bermanfaat bagi setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 27 Oktober 2022

**Okta Tri Setiani**

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Penelitian.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 GNSS ( <i>Global Navigation Satellite System</i> ) .....	8
2.3 CORS ( <i>Continuously Operating Reference Station</i> ) .....	10
2.4 ULPC (Universitas Lampung CORS) .....	11
2.5 RTK ( <i>Real Time Kinematic</i> ).....	14
2.6 NTRIP ( <i>Networked Transport of RTCM via Internet Protocol</i> ) .....	15
2.7 RTCM ( <i>Radio Technical Commission for Maritime Services</i> ) .....	17
2.7.1 RTCM Versi 3.0.....	19
2.7.2 RTCM Versi 3.2.....	20
2.7.3 CMR+ ( <i>Compact Measurement Record</i> ) .....	21
2.8 Menghitung Jarak .....	22
2.9 Menghitung <i>Azimuth</i> .....	23
2.10 Akurasi Nilai Koordinat .....	23
2.11 Uji Beda .....	25
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	27
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	28
3.2.1 Alat Penelitian .....	28
3.2.2 Data Penelitian .....	30
3.2 Diagram Alir Penelitian .....	31
3.3 Tahapan Penelitian.....	32
3.3.1 Persiapan .....	32
3.3.2 Pengumpulan Data .....	33
3.3.3 Pengolahan Data.....	33
3.3.4 Pembahasan dan Pelaporan .....	36
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>37</b>

4.1	Hasil Pengamatan RTK NTRIP.....	37
4.2	Pengolahan Data .....	37
4.2.1	Hasil Perhitungan Jarak.....	37
4.2.2	Hasil Perhitungan <i>Azimuth</i> .....	38
4.2.3	Hasil Perhitungan Akurasi .....	39
4.2.4	Hasil Perhitungan Uji Beda.....	40
4.2.5	Hasil Perhitungan Lama Waktu Pengamatan.....	43
<b>V.</b>	<b>SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>44</b>
5.1	Simpulan.....	44
5.2	Saran .....	44
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>46</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>48</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian terdahulu .....	5
2. Ketelitian peta RBI .....	24
3. Tabel presentase distribusi t (df = 81 – 120).....	26
4. Data sekunder koordinat ULPC .....	30
5. Data sekunder per titik pengamatan.....	30
6. Hasil RMSE <sub>xy</sub> dalam m (meter).....	39
7. Hasil perhitungan akurasi horizontal (x dan y) dalam m (meter) .....	39
8. Hasil uji t pada deviasi jarak (mm) .....	41
9. Hasil perhitungan uji t pada deviasi <i>azimuth</i> (detik) .....	42
10. Rata – rata lama laktu pengamatan (detik).....	43
11. Data hasil pengamatan RTK NTRIP (m) titik <i>Islamic Center</i> .....	53
12. Data hasil pengamatan RTK NTRIP (m) titik Parkiran.....	54
13. Data hasil pengamatan RTK NTRIP (m) titik PKOR.....	55
14. Data hasil pengamatan RTK NTRIP (m) titik Pesawaran .....	56
15. Data hasil pengamatan RTK NTRIP (m) titik Natar .....	57
16. Data hasil pengamatan RTK NTRIP (m) titik Panjang .....	58
17. Hasil perhitungan jarak (m) .....	60
18. Koordinat ULPC .....	61
19. Perhitungan jarak (m) titik pengamatan <i>Islamic Center</i> .....	61
20. Perhitungan jarak (m) titik pengamatan Parkiran .....	62
21. Perhitungan jarak (m) titik pengamatan PKOR .....	64
22. Perhitungan jarak (m) titik pengamatan Pesawaran.....	65
23. Perhitungan jarak (m) titik pengamatan Natar.....	66
24. Perhitungan jarak (m) titik pengamatan Panjang.....	67
25. Hasil perhitungan <i>azimuth</i> titik pengamatan.....	70
26. Hasil perhitungan <i>azimuth</i> (°) titik pengamatan <i>Islamic Center</i> .....	71
27. Hasil perhitungan <i>azimuth</i> (°) titik pengamatan Parkiran.....	72

28. Hasil perhitungan <i>azimuth</i> (°) titik pengamatan PKOR.....	73
29. Hasil perhitungan <i>azimuth</i> (°) titik pengamatan Pesawaran .....	75
30. Hasil perhitungan <i>azimuth</i> (°) titik pengamatan Natar .....	76
31. Hasil perhitungan <i>azimuth</i> (°) titik pengamatan Panjang .....	77
32. Perhitungan akurasi <i>horizontal</i> nilai koordinat (RTCM 3.0).....	80
33. Perhitungan akurasi <i>horizontal</i> nilai koordinat (RTCM 3.2).....	82
34. Perhitungan akurasi <i>horizontal</i> nilai koordinat (CMR+).....	84
35. Hasil perhitungan uji t pada deviasi jarak (mm) .....	87
36. Perhitungan uji t pada deviasi jarak (mm) .....	88
37. Hasil perhitungan uji t pada deviasi <i>azimuth</i> (detik) .....	88
38. Perhitungan uji t pada deviasi <i>azimuth</i> (Detik).....	90
39. Perhitungan lama waktu pengamatan titik <i>Islamic Center</i> .....	92
40. Perhitungan lama waktu pengamatan titik Parkiran .....	92
41. Perhitungan lama waktu pengamatan titik PKOR .....	93
42. Perhitungan lama waktu pengamatan titik Pesawaran.....	93
43. Perhitungan lama waktu pengamatan titik Natar .....	94
44. Perhitungan lama waktu pengamatan titik Panjang .....	94
45. Hasil perhitungan lama waktu pengamatan .....	95

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. CHC C220GR2 .....	12
2. Tampilan antena ULPC.....	12
3. Tampilan <i>receiver</i> CHCNAV N72 ULPC .....	13
4. Lokasi titik pengamatan RTK NTRIP .....	27
5. Hi-target V60 .....	28
6. <i>Controller</i> hi-target <i>ihand20</i> .....	29
7. Diagram alir penelitian.....	31
8. Grafik rata – rata lama waktu pengamatan .....	43
9. Dokumentasi pengamatan RTK NTRIP titik Natar .....	50
10. Dokumentasi pengamatan RTK NTRIP titik <i>Islamic Center</i> .....	50
11. Dokumentasi pengamatan RTK NTRIP titik Panjang .....	51
12. Dokumentasi pengamatan RTK NTRIP titik Pesawaran .....	51
13. Hasil <i>ploting</i> koordinat 3 versi RTCM titik pengamatan <i>Islamic Center</i> .....	53
14. Hasil <i>ploting</i> koordinat 3 versi RTCM titik pengamatan Parkiran .....	54
15. Hasil <i>ploting</i> koordinat 3 versi RTCM titik pengamatan PKOR.....	55
16. Hasil <i>ploting</i> koordinat 3 versi RTCM titik pengamatan Pesawaran.....	56
17. Hasil <i>ploting</i> koordinat 3 versi RTCM titik pengamatan Natar.....	57
18. Hasil <i>ploting</i> koordinat 3 versi RTCM titik pengamatan Panjang.....	58

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

CORS (*Continually Operating Reference Station*) yang merupakan stasiun referensi yang beroperasi secara terus – menerus sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam penentuan posisi GNSS secara *realtime* maupun *post-processing*. CORS didesain sebagai stasiun referensi teliti yang bukan hanya memperoleh dan menyimpan data pengukuran, tetapi juga mengirimkan sinyal koreksi yang mendukung pengukuran GPS secara RTK (*Real Time Kinematic*) sehingga akurasi posisi yang diperoleh pengguna dapat ditingkatkan hingga level sentimeter (Chen dalam Atunggal, 2010). Sinyal koreksi dikirimkan oleh CORS menggunakan metode NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) melalui jaringan internet ke rover station (Blacker dalam Atunggal, 2010).

Seiring berjalannya waktu, sistem CORS di Indonesia terus berkembang dan mulai di kenal oleh masyarakat terutama yang berada di dunia pemetaan. Salah satu stasiun CORS yang ada di Indonesia adalah CORS Universitas Lampung yang berada di Gedung G Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung yang mulai beroperasi pada tanggal 8 Desember 2021. CORS Universitas Lampung berfungsi sebagai stasiun referensi yang menyediakan layanan secara *post processing* dan *realtime*. Penggunaan sistem GNSS memungkinkan akan memberikan hasil pengamatan posisi yang lebih baik dan lebih teliti (Prasetyo, 2007). RTK NTRIP (*Real Time Kinematic – Networked Transported of RTCM via Internet Protocol*) yakni suatu layanan *streaming data differential GPS* melalui internet, sehingga dapat ditentukan koordinat posisi secara *real-time*. RTK NTRIP mengirimkan koreksi data GNSS dalam format RTCM yakni sebuah komite khusus yang menentukan standar radio navigasi dan radio komunikasi maritim internasional.

Untuk memfasilitasi pertukaran dan transmisi informasi, kebutuhan akan protokol format terpadu muncul dengan seiring waktu. Kemudian menghasilkan protokol standar yang digunakan oleh sistem *differential* di seluruh dunia. Saat ini, format pesan *differential* yang paling umum digunakan adalah RTCM dan CMR (Dong, 2022).

CORS Universitas Lampung menyediakan berbagai pilihan format data *differential* diantaranya RTCM versi 2.3, versi 3.0, versi 3.2, CMR, CMR+, SCMR dan RTD. Dalam proses perekaman data sistem CORS ULPC metode RTK NTRIP pemilihan versi RTCM sangat berpengaruh pada saat pengiriman koreksi data dari CORS ULPC ke *rover*. Pemilihan versi RTCM yang tepat dapat berpengaruh terhadap ketelitian koordinat dan waktu pengiriman koreksi data yang dihasilkan dari pengamatan RTK NTRIP.

CORS ULPC akan dimanfaatkan oleh banyak pengguna namun sampai saat ini belum pernah dikaji pengaruh penggunaan versi RTCM pada pengamatan RTK NTRIP. Oleh karena itu, penulis akan membandingkan penggunaan beberapa versi RTCM yang disediakan CORS ULPC pada pengamatan RTK NTRIP. Pengujian dilihat dari akurasi koordinat, beda nilai koordinat hasil pengamatan pada masing – masing versi RTCM, dan lama waktu pengamatan mencapai status *fix*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Universitas Lampung telah memiliki stasiun CORS yang diberi nama ULPC (Universitas Lampung CORS) yang mulai beroperasi pada tanggal 8 Desember tahun 2021. CORS Universitas Lampung berfungsi sebagai stasiun referensi yang menyediakan layanan *post processing* maupun *realtime*. Dalam proses perekaman data sistem CORS ULPC metode RTK NTRIP pemilihan versi RTCM sangat berpengaruh pada saat pengiriman koreksi data dari CORS ULPC ke *rover*. Pemilihan versi RTCM yang tepat dapat berpengaruh terhadap waktu pengiriman koreksi data dan ketelitian koordinat yang dihasilkan dari pengamatan RTK NTRIP.

CORS ULPC akan dimanfaatkan oleh banyak pengguna namun sampai saat ini belum pernah dikaji pengaruh penggunaan versi RTCM pada pengamatan RTK NTRIP. Oleh karena itu, penulis akan membandingkan penggunaan beberapa versi RTCM yang disediakan CORS ULPC pada pengamatan RTK NTRIP. Pengujian dilihat dari akurasi koordinat, beda deviasi jarak dan *azimuth* hasil pengamatan pada masing – masing versi RTCM, dan lama waktu pengamatan mencapai status *fix*.

Berdasarkan permasalahan tersebut, ada beberapa pertanyaan penelitian yang diajukan. Pertanyaan penelitian tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapakah akurasi nilai koordinat pada masing – masing versi RTCM pada saat pengamatan RTK NTRIP?
2. Apakah ada perbedaan nilai koordinat hasil pengamatan RTK NTRIP pada masing – masing versi RTCM?
3. Berapakah waktu yang dibutuhkan pada masing – masing versi RTCM mencapai status *fix* saat pengamatan RTK NTRIP?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang akan dicapai pada penelitian adalah:

1. Menghitung akurasi koordinat hasil pengamatan RTK NTRIP pada masing – masing versi RTCM yang digunakan.
2. Menguji perbedaan nilai koordinat hasil pengamatan RTK NTRIP pada masing – masing versi RTCM yang digunakan.
3. Merata – ratakan lama waktu pengamatan mencapai status *fix* pada masing – masing versi RTCM saat pengamatan RTK NTRIP.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi kepada pengguna layanan CORS Universitas Lampung dalam penggunaan versi RTCM yang paling tepat saat pengiriman koreksi data dan ketelitian koordinat yang dihasilkan dalam pengamatan RTK NTRIP dan juga berbagi ilmu dalam pengolahan data GNSS dengan metode tersebut.

#### 1.5 Batasan Penelitian

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 versi RTCM (versi 3.0, versi 3.2, dan CMR+),
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.

## 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.	Pendefinisian Koordinat ULP2 Universitas Lampung Terhadap ITRF 2014 Serta Analisa Penggunaan Tiga Macam <i>Receiver</i> GNSS yang Berbeda  (Gita Nindya Putri, 2020)	Uji statistik yang digunakan yaitu uji signifikansi menggunakan Uji T dengan persamaan: $t = \frac{ \sigma_1 - \sigma_2 }{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$	1. Analisis uji beda dengan uji t dengan selang kepercayaan 95% ( $\alpha = 0.005$ ) dengan derajat kebebasan tidak terhingga sehingga $t_{table} = 1.96$ . 2. Dasar pengambilan keputusan yaitu $H_0$ tidak diterima jika nilai $t - hitung < t_{table}$ , maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan. 3. Perhitungan uji menggunakan selisih koordinat <i>receiver</i> A dan <i>receiver</i> B dibagi dengan akar varian penjumlahan varian parameter koordinat <i>receiver</i> A dan B 4. Berdasarkan perhitungan uji t pada tiga macam <i>receiver</i> menghasilkan $t - hitung < 1.96$ . Sehingga penggunaan tiga



No	Judul Penelitian dan Penulis	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			<p>macam <i>receiver</i> yang berbeda tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap koordinat defenitif ULP2 yang dihasilkan.</p>
2.	<p>Analisis Pengukuran Bidang Tanah Dengan Menggunakan GNSS Metode RTK-NTRIP Pada Stasiun Cors UNDIP dan Cors BPN Kab.Semarang.</p> <p>(Rizki Widya Rasyid, Bambang Sudarsono, dan Fauzi Janu Amarrohman, 2016)</p>	<p>Metode pengukuran yang digunakan survei <i>Rapid Static</i> dan metode <i>RTK-NTRIP</i></p>	<p>Mengkaji tentang perbandingan posisi horisontal (X,Y), jarak antar titik, dan luas bidang tanah hasil pengukuran bidang tanah dengan menggunakan metode survei <i>Rapid Static</i> dan metode <i>RTK-NTRIP</i> pada stasiun CORS UNDIP, stasiun CORS BPN Kabupaten Semarang dan stasiun CORS BIG Semarang, dan stasiun CORS BIG Semarang.</p>
3.	<p>Uji Akurasi Pengukuran GNSS COMNAV T300 dan <i>South G1</i> Menggunakan Metode RTK NTRIP Pada Variasi Jarak Terhadap <i>Base Station</i></p> <p>(Nurdin Eko Pambudi Wiyono, 2020)</p>	<p>Metode RTK NTRIP dengan variasi jarak</p>	<p>Pengujian perbedaan lateral (dLi) menggunakan uji Anova pada GNSS COMNAV T300 dan <i>South G1</i> metode RTK NTRIP menunjukkan hasil berbeda signifikan pada variasi antar kelompok, artinya terdapat perbedaan selisih pengukuran yang signifikan antar radius pengukuran sepanjang bertambah jauhnya jara <i>base station</i> ke <i>rover</i>.</p>
4.	<p>Analisis Pengaruh Panjang <i>Baseline</i> Terhadap Ketelitian Pengukuran Situasi Dengan</p>	<p>- Pengamatan GNSS menggunakan metode <i>RTK NTRIP</i></p>	<p>Berdasarkan uji statistika yang dilakukan pada hasil pengamatan <i>RTK NTRIP</i> menggunakan panjang <i>baseline</i> yang berbeda didapatkan hasil yang berbeda pula. Sehingga</p>

No	Judul Penelitian dan Penulis	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
	Menggunakan GNSS Metode RTK-NTRIP (Studi Kasus: Semarang, Kab. Kendal dan Boyolali)  (Ega Gumilar Hafiz, Moehammad Awaluddin, dan Bambang Darmo Yuwono, 2014)	- Uji statistika menggunakan Uji $F$ (distribusi $Fisher$ )	panjang <i>baseline</i> berpengaruh terhadap hasil pengukuran.
5.	Perbandingan Ketelitian Posisi Hasil Pengamatan RTK NTRIP Menggunakan Beberapa Versi RTCM ( <i>Radio Technical Commission for Maritime Services</i> )  (Okta Tri Setiani, 2022)	- Metode pengamatan GNSS yaitu RTK NTRIP - Metode pengolahan melihat akurasi nilai koordinat masing – masing versi RTCM dengan melihat nilai RMSE <sub>xy</sub> dan melihat beda nilai dengan uji $t$ , persamaan: $t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}}$	1. Menghitung akurasi koordinat hasil pengamatan RTK NTRIP pada masing – masing versi RTCM yang digunakan. 2. Menguji perbedaan nilai koordinat hasil pengamatan RTK NTRIP pada masing – masing versi RTCM yang digunakan 3. Merata - ratakan lama waktu pengamatan mencapai status <i>fix</i> pada masing – masing versi RTCM saat pengamatan RTK NTRIP.

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 akurasi masing – masing RTCM pada pengamatan RTK NTRIP, munguji beda nilai koordinat masing – masing RTCM pada pengamatan RTK NTRIP, dan mengetahui rata – rata lama waktu pengamatan masing – masing versi RTCM pada pengamatan RTK NTRIP.

Sehingga, hasil dari penelitian diharapkan dapat memberikan informasi kepada pengguna layanan CORS Universitas Lampung dalam penggunaan versi RTCM yang paling tepat saat pengiriman koreksi data dan ketelitian koordinat yang dihasilkan dalam pengamatan RTK NTRIP dan juga berbagi ilmu dalam pengolahan data GNSS dengan metode tersebut.

Sedangkan, pada penelitian sebelumnya meneliti penggunaan beberapa macam *receiver* dalam pendefinisian koordinat ULP2, pengaruh panjang *baseline* terhadap hasil pengukuran RTK NTRIP serta perbandingan metode *rapid static* dan RTK NTRIP dalam pengukuran bidang tanah.

## 2.2 GNSS (*Global Navigation Satellite System*)

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) adalah suatu sistem satelit yang terdiri dari konstelasi satelit yang menyediakan informasi waktu dan lokasi, memancarkan macam-macam sinyal dalam berbagai frekuensi secara terus menerus, yang tersedia di semua lokasi diatas permukaan bumi. GNSS memiliki peranan penting dalam navigasi (UNOOSA, 2011).

GNSS merupakan metode penentuan posisi yang dilakukan dengan melakukan pengamatan dan pengukuran terhadap satelit atau benda angkasa lainnya. *Receiver* GNSS geodetik yang digunakan adalah *rover receiver* GNSS yang mempunyai tipe dual *frequency*, sehingga dalam pengamatannya dapat menerima data pengamatan satelit- satelit GNSS berupa data *code* dan data *phase*.

Selain itu, *rover receiver* GNSS yang digunakan tersebut juga harus memiliki teknologi komunikasi, dapat menggunakan teknologi radio/ GSM/ GPRS/ CDMA, sehingga dapat berhubungan dengan stasiun referensi atau pusat kontrol untuk mengirimkan dan atau menerima koreksi data koordinat posisi. Dengan adanya stasiun – stasiun referensi yang bekerja di bawah kendali *server*, maka dapat diperoleh koordinat atau posisi suatu titik dengan ketelitian yang sangat tinggi (akurasi 1 cm sampai 5 cm).

Untuk menghasilkan data pengukuran yang akurat, pengukuran yang dilakukan harus memenuhi syarat, yaitu lokasi pengukuran harus memiliki ruang pandang yang terbuka ke langit agar sinyal satelit GNSS yang mencapai *receiver* dapat diterima secara baik atau tidak ada *obstruksi* (halangan), serta lokasi pengukuran harus jauh dari obyek atau benda yang mudah memantulkan sinyal dari satelit GNSS untuk meminimalkan efek *multipath* (Sari dan Khomsin dalam Sari, 2014).

GNSS yang ada saat ini adalah GPS (*Global Positioning System*) yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat, GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) milik Rusia, Galileo milik Uni Eropa, dan *Compass* atau *Beidou* milik Cina. India dan Jepang telah mengembangkan kemampuan GNSS regional dengan meluncurkan sejumlah satelit ke antariksa untuk menambah kemampuan yang sudah disediakan oleh sistem global dalam menyediakan tambahan cakupan regional (UNOOSA, 2011).

Seiring dengan perkembangan Satelit GPS, GLONASS yang merupakan sistem GNSS yang dimiliki oleh Russia mempunyai cakupan seluruh dunia dengan 18 satelit yang tersedia sejak Desember 2009, dan satelit Galileo milik Eropa juga COMPASS milik China sedang dikembangkan. GLONASS (*GLObal'naya NAVigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*, atau *Global Navigation Satellite System*) merupakan sistem navigasi ruang angkasa milik Russia yang bisa disamakan dengan sistem GNSS milik Rusia. Satelit berjumlah 21 pada 3 bidang orbit datar.

GNSS sekarang ini terdiri dari 6 Satelit:

1. NAVSTAR GPS (*NAVigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*) (USA).
2. GLONASS Rusia (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*) Rusia
3. Galileo (Eropa)
4. Compass (China)/Beidou
5. Quasi-Zenith Sistem Satelit (QZSS) Jepang
6. *India Regional Navigation Satellite System* (IRNSS) India.

### 2.3 CORS (*Continuously Operating Reference Station*)

Perkembangan GPS saat ini telah memungkinkan beroperasinya sistem CORS, sebuah alat yang dapat menerima sinyal – sinyal GPS tanpa adanya gangguan. CORS harus dapat menyimpan data dan dalam keadaan tertentu melakukan pengolahan data dan kemudian mengirimkan data tersebut ke *rover* untuk kepentingan pengguna. Tiap-tiap jaringan CORS terdiri dari beberapa stasiun CORS yang saling terhubung dengan komunikasi yang memungkinkan perhitungan secara *real-time*. Tiap stasiun, paling tidak terdiri dari satu *receiver* geodetik, satu antena, saluran komunikasi data dan *power supply*.

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) merupakan stasiun yang mampu menangkap sinyal-sinyal yang diberikan oleh GNSS (*Global Navigation Sattelite Sistem*). CORS melakukan pengamatan dengan durasi 24 jam tiap harinya secara statik. Penempatan dan pemasangan CORS dilakukan dengan memperhatikan kebebasan terhadap obstruksi di sekitarnya (di ruang terbuka) sehingga efek *multipath* dari hasil pengamatan yang dilakukan *relative* kecil. Umumnya, CORS dijadikan sebagai referensi dalam mengontrol jaring - jaring kerangka geodesi yang tersebar di seluruh pulau Indonesia. CORS memiliki ketelitian yang tinggi sehingga sering dijadikan *base* dalam pengikatan dan pemrosesan *baseline*. Posisi titik yang telah diikatkan dengan CORS, dapat ketahui apakah terjadi perubahan atau tidak dan besar atau tidaknya perubahan posisi yang terjadi (Saputra, 2017).

Jaringan CORS yang baik dan dilengkapi dengan sistem komunikasi data yang lancar akan memungkinkan stasiun – stasiun CORS tersebut untuk mengirimkan *raw* data ke *server* pusat. Layanan penggunaan CORS secara umum terbagi menjadi 2, yaitu untuk pengolahan data *post processing* dan *real-time processing*. Pada jaringan *offline* yang menyediakan informasi data pada *user* untuk *post processing* data, *file* data disimpan menggunakan *format* data RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*). Sementara untuk kepentingan *online network*, aplikasi yang digunakan adalah *real-time kinematic* (RTK) dengan *format* RTCM (*Radio Technical Commission for Maritime Services*) yang biasa digunakan untuk

transmisi data. *Format RTCM* adalah *format* data standar internasional yang digunakan dalam transmisi *real-time* data untuk koreksi *differential* GPS dari stasiun – stasiun CORS ke *rover* yang digunakan oleh *user* (Mohamad dalam Marbawi, 2015).

Sistem CORS memungkinkan mendapatkan akurasi posisi mendekati beberapa sentimeter relatif terhadap *National Spatial Reference System*, baik secara *horizontal* maupun *vertical*. *Continuously Operating Reference Station* (CORS) dari receiver GNSS mendukung banyak aplikasi akurasi tinggi dalam survei, pemetaan, navigasi dan geodesi pembentukan jaringan CORS semakin meningkat di seluruh dunia, dan akan digunakan jangka panjang untuk studi *geoscientific* serta memberikan dasar *positioning* GNSS-RTK (*Real Time Kinematic*) dan pembesaran (termasuk *Assisted GNSS* atau A-GNSS) (Awaluddin, 2018).

Untuk dapat mengakses GNSS-CORS, *receiver* harus dilengkapi dengan sambungan internet sebagai komunikasi data dari stasiun GNSS-CORS ke *receiver*. Dalam hal ini data GNSS-CORS tersedia melalui web dalam format RINEX (*Receiver Independent Exchange*) maupun *streaming* NTRIP (*Network Transport RTCM via Internet Protocol*). NTRIP adalah sebuah metode untuk mengirim koreksi data GPS/GLONASS (dalam format RTCM) melalui jaringan internet, sehingga informasi mengenai posisi dapat diperoleh secara cepat. RTCM (*Radio Technical Commission for Maritime Services*) yang merupakan komite khusus yang menentukan *standard* radio navigasi dan radio komunikasi maritim internasional.

#### **2.4 ULPC (Universitas Lampung CORS)**

CORS ULPC mulai beroperasi pada tanggal 8 Desember 2021. ULPC berada di Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. ULPC menyediakan layanan data RINEX dalam beberapa *sampling rate* dan *streaming* NTRIP untuk aplikasi RTK dan DGPS. Untuk layanan *streaming* NTRIP, ULPC memancarkan sinyal koreksi dalam banyak pilihan format koreksi data diantaranya RTCM versi 2.3, versi 3.0, versi 3.2, CMR, CMR+, SCMR dan

RTD. Untuk menggunakan data dari ULPC, pengguna dapat menghubungi pihak pengelola stasiun CORS Universitas Lampung. *Server* ULPC berfungsi sebagai *NTRIP server* serta *NTRIP caster*.

Perangkat ULPC terdiri dari CHC Navigation Shanghai dengan *type* antenna C220GR2 dan dilengkapi dengan *receiver* CHC N 72.

1. CHC Navigation C220GR2 Geodetic GNSS Antenna



Gambar 1. CHC C220GR2

(Sumber: [https://img.directindustry.com/images\\_di/photo-mg/174453-12748873.webp](https://img.directindustry.com/images_di/photo-mg/174453-12748873.webp))



Gambar 2. Tampilan antenna ULPC  
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Antena CHC *Navigation* C220GR2 menggabungkan kinerja antena *choke-ring* seperti, GNSS tetapi dalam wadah yang ringkas dan ringan. Pelacakan elevasi rendah dengan penolakan *multipath* yang optimal, polarisasi melingkar sudut lebar dan pusat *fase* yang stabil membuatnya cocok untuk aplikasi geodetik presisi tinggi termasuk GNSS CORS dan pemantauan deformasi.

Desain multi-band CHC *Navigation* C220GR2 mendukung semua sinyal GNSS saat ini dan masa depan, termasuk GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, QZSS, IRNSS, SBAS, dan L-band. Desain *multipath* yang kompak dan rendah yang unik. Antena ini memiliki fitur LNA gain tinggi dan lebar berkas lebar untuk memberikan fleksibilitas yang sangat baik dalam aplikasi yang membutuhkan penerimaan satelit elevasi rendah dan ketersediaan sinyal GNSS yang tinggi, terutama dalam situasi terhalang. Keakuratan pusat *fase* antena mencapai tingkat milimeter dengan stabilitas dan pengulangan yang sangat tinggi untuk memastikan pemrosesan data GNSS yang sempurna terlepas dari *baseline*. CHC *Navigation* C220GR2 dirancang untuk tahan terhadap semua jenis cuaca, termasuk *fluktuasi* suhu tinggi dan rendah, dan dilindungi oleh radome anti-ultraviolet yang tahan air. Antena CHC *Navigation* C220GR2 dapat beroperasi terus menerus tanpa gangguan untuk penggunaan jangka panjang.

## 2. Receiver GNSS CHCN72



Gambar 3. Tampilan *receiver* CHCNAV N72 ULPC  
(Sumber: <https://chcnavigation.jianguoyun.com/p/Dbqdug4QutyuBhjF5bIE>)



## 2.5 RTK (*Real Time Kinematic*)

RTK merupakan metode akurat untuk mendapatkan posisi titik yang diinginkan dalam waktu pengamatan yang singkat, berbasis *differential data code* dan *carrier phase*. *Differential data code* dan *carrier phase* digunakan untuk pengukuran titik koordinat yang diinginkan. Secara umum metode ini adalah metode terbaik untuk mendapatkan koordinat titik dengan ketelitian tinggi dalam waktu singkat (Abidin, 2007).

*Survei real-time* kinematik mensyaratkan bahwa dua penerima dioperasikan secara bersamaan. Pada metode ini bahwa gelombang radio digunakan untuk mengirimkan koreksi ke *rover*. Salah satu *receiver* menempati stasiun referensi dan melakukan pengamatan GPS statik untuk mengirimkan koreksi ke *rover*. Pengukuran GPS dari kedua penerima diproses secara *Real-time* oleh komputer *onboard* unit untuk menghasilkan penentuan titik dengan cepat. Karena posisi titik dengan akurasi tinggi dapat segera peroleh, *Real-time* survei kinematik juga bisa digunakan untuk pengukuran konstruksi (Sheng, 2003).

Stasiun referensi dan pengguna harus dilengkapi dengan perangkat pemancar dan penerima data. Ketelitian posisi yang diberikan oleh sistem RTK adalah sekitar 1 sampai 5 cm, dengan asumsi bahwa ambiguitas *fase* dapat ditentukan secara benar. Untuk mencapai tingkat ketelitian tersebut, sistem RTK harus dapat menentukan *ambiguitas fase* dengan menggunakan jumlah data yang terbatas dan juga selagi *receiver* bergerak. Untuk dapat menentukan *ambiguitas* secara cepat dan benar umumnya diperlukan penggunaan data *fase* dan *pseudorange* dua frekuensi, geometri satelit yang relatif baik, algoritma perhitungan yang relatif handal dan mekanisme eliminasi kesalahan dan bias yang relatif baik dan tepat.

Sistem RTK dapat digunakan untuk penentuan posisi obyek – obyek yang diam maupun bergerak, sehingga sistem RTK tidak hanya dapat merealisasikan survei GPS *real-time*, tetapi juga navigasi berketelitian tinggi. Aplikasi – aplikasi yang dapat dilayani oleh sistem ini cukup beragam, antara lain *staking out*, penentuan

dan rekonstruksi batas persil tanah, survei pertambangan, survei rekayasa dan utilitas, serta aplikasi – aplikasi lainnya yang memerlukan informasi posisi *horizontal* secara cepat (*real-time*) dengan ketelitian yang relatif tinggi dalam orde beberapa cm.

## 2.6 NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*)

*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (NTRIP) merupakan layanan streaming data *differential* GPS melalui internet. NTRIP digunakan untuk mengirimkan koreksi data dari stasiun CORS ke *receiver* GPS pengguna, maupun perangkat yang lain, misal PC, laptop, atau *smartphone*.

RTK-NTRIP menggunakan jaringan internet sebagai pengganti sinyal radio sebagai media komunikasi antar *base* dan *rover*. Metode pengukuran dengan menggunakan RTK NTRIP dilansir lebih baik karena mampu menjangkau daerah yang lebih luas dibandingkan dengan RTK Radio (Wiyono, 2020).

Metode NTRIP sudah dapat digunakan di Indonesia dengan data dari Stasiun CORS yang dapat digunakan secara gratis untuk umum. Tipe stasiun CORS di Indonesia terdiri atas dua tipe, yaitu *single base station* dan *network base station*. *Single base station* adalah sistem CORS yang menggunakan satu stasiun referensi untuk mengirimkan koreksi kepada *rover*, dengan cakupan jarak yang dapat dilayani dalam memberikan koreksi adalah dalam kisaran 10-20 km. Adapun *network base station* adalah sistem CORS yang menggunakan lebih dari satu sistem referensi, dengan cakupan jarak yang dapat dilayani dalam memberikan koreksi adalah dalam kisaran 50 sampai 70 km (Ramadhon dalam Wiyono, 2020).

NTRIP terdiri dari empat komponen, yaitu *NTRIP Source*, *NTRIP Server*, *NTRIP Caster*, dan *NTRIP Client* (Lenz dalam Prabowo, 2014).

1. *NTRIP source*, komponen ini terdiri dari antena GNSS, *receiver* GNSS dan kabel penghubung. Antena GNSS didirikan diatas monumen atau tugu yang dapat ditempatkan di gedung atau di atas permukaan tanah. Kabel penghubung

yang ada adalah kabel *coaxial* untuk penghubung antara antena dengan *receiver* serta kabel serial untuk penghubung antara *receiver* dengan *server*. NTRIP *source* berfungsi untuk menerima gelombang yang dipancarkan satelit – satelit GNSS.

2. NTRIP *server*, merupakan bagian dari sistem CORS berupa komputer yang berfungsi untuk transfer data koreksi dari NTRIP *source* ke NTRIP *caster*.
3. NTRIP *caster*, komponen ini berperan sebagai pemancar sinyal koreksi dari sistem CORS melalui jaringan internet dengan mengintegrasikan data dari *receiver* (NTRIP *client*).
4. NTRIP *client*, merupakan komponen pengguna yang mendapat koreksi data dari sistem CORS.

RTK NTRIP merupakan metode RTK yang pemancaran data *fase* dan data *pseudorange* menggunakan komunikasi lewat jaringan internet. Metode ini membutuhkan adanya jaringan internet untuk transfer koreksi data. *Receiver* yang digunakan harus memiliki koneksi internet dengan bantuan dari kartu GSM yang nantinya akan di *setting* pada *receiver* tersebut.

Faktor yang mempengaruhi ketelitian posisi GPS ketika menggunakan satu *base station* atau lebih adalah (Bean dan Ferguson dalam Prabowo, 2014):

1. Frekuensi yang digunakan;
2. Jumlah *base station*;
3. Lama pengamatan;
4. Arah dari *base station*.

Jarak antara stasiun referensi dengan *rover* atau variasi kondisi atmosfer antara stasiun referensi dengan *rover* merupakan salah satu faktor yang menentukan kecepatan dan keberhasilan proses solusi *ambiguitas fase* dalam RTK. Pada pengamatan RTK NTRIP dengan satu *base station*, jarak maksimum untuk mendapat koreksi yang tinggi adalah sejauh 20 km (Janssen dkk dalam Prabowo, 2014). Selain itu, karena menggunakan koneksi internet dari *provider*

telekomunikasi yang digunakan, pengaruh kekuatan sinyal dari *provider* juga akan berpengaruh karena koreksi dikirimkan melalui koneksi internet tersebut.

Dalam pengamatan dengan sistem RTK, ada tiga jenis solusi yaitu (Hersanto dalam Prabowo, 2014):

1. *Fix, rover* telah terhubung ke stasiun referensi, memiliki ketelitian posisi dari 1 cm hingga 5 cm, *ambiguitas fase* telah terkoreksi, jumlah satelit yang teramati  $> 4$ , bias *multipath* terkoreksi.
2. *Float, Rover* sudah terhubung ke stasiun referensi, memiliki ketelitian posisi dalam interval 5 cm hingga 1 m, *ambiguitas fase* belum terkoreksi, jumlah satelit yang teramati  $\leq 4$ , bias *multipath* belum terkoreksi.
3. *Standalone, Rover* tidak terhubung ke stasiun referensi, memiliki ketelitian posisi  $> 1$  m, *ambiguitas fase* belum terkoreksi, jumlah satelit yang teramati  $\leq 4$ , bias *multipath* belum terkoreksi.

## 2.7 RTCM (*Radio Technical Commission for Maritime Services*)

*Radio Technical Commission for Maritime Services* (RTCM) merupakan organisasi yang terdiri atas berbagai komite khusus yang bertugas mengembangkan standar radio navigasi dan radio komunikasi maritim. RTCM adalah organisasi ilmiah, profesional, dan pendidikan nirlaba internasional. Anggota RTCM adalah organisasi (bukan perorangan) baik non pemerintah maupun pemerintah. Meskipun dimulai pada tahun 1947 sebagai komite penasihat pemerintah AS, RTCM sekarang menjadi organisasi independen yang didukung oleh anggotanya dari seluruh dunia (Rizos dalam Prabowo, 2014).

Untuk memfasilitasi pertukaran dan transmisi informasi, kebutuhan akan protokol format terpadu muncul seiring waktu, menghasilkan protokol standar yang digunakan oleh sistem *differential* di seluruh dunia. Saat ini, format pesan *differential* yang paling umum digunakan adalah RTCM dan CMR (Dong, 2022).

Format data RTCM dalam bentuk *biner* yang ringkas baik untuk pemrosesan secara *real time*. Data RTCM berupa beberapa jenis pesan yang berisi *header* dan *body*.

*Header* berisi jenis pesan, waktu, dan panjang pesan. *Body* berisi data untuk setiap jenis pesan yang berisi pesan spesifik tertentu. Setiap data berisi pesan spesifik tertentu data dikirim setiap detik (contoh; koreksi kode) data dikirim dengan interval tertentu (contoh; koordinat *base station*) (Prabowo, 2014).

Pada bulan November 1983, RTCM membentuk komite khusus SC-104 untuk promosi global layanan GPS *differential* untuk merumuskan berbagai standar format data (Dong, 2022). Beberapa versi RTCM, yakni:

1. Versi 1, karya asli SC-104 diterbitkan sebagai standar awal pada tahun 1985, tetapi tidak pernah diadopsi secara luas. Itu digantikan oleh versi 2, yang sangat mirip.
2. Versi 2, pada tahun 1990 versi 2.0 dirilis. Versi ini hanya memiliki informasi perbedaan jarak semu dan tidak ada *fase* pembawa. Ini terutama melayani aplikasi navigasi. Selanjutnya, untuk memenuhi kebutuhan teknologi perbedaan *fase* pembawa, versi 2.1 diumumkan secara resmi pada tahun 1994, dan versi 2.2 pada tahun 1997 mendukung pesan *differential* GLONASS Rusia. Pembaruan terakhir ke versi 2.3 dirilis pada Agustus 2001.

Total 64 jenis pesan yang diizinkan, termasuk beberapa dicadangkan untuk perluasan di masa mendatang, atau format yang jarang digunakan yang telah ditinggalkan. Standar asli untuk versi 2 mencakup enam format pesan: 1 untuk data *differential*, 2 untuk memperbaiki *differential* sebelumnya, 3 untuk data lokasi stasiun, 6 sebagai pesan nol untuk mengisi slot yang tidak digunakan, 16 disertakan untuk mengirim pesan uji dari 90 karakter ASCII yang berubah-ubah dan 59 untuk pesan kepemilikan yang digunakan oleh *vendor* peralatan. Sejak 1994, jenis pesan terus diperbarui seperti, ID dan deskripsi antena di Tipe 23, dan tinggi antena di Tipe 24 telah ditambahkan ke versi 2.3.

Karena paket lebar tetap RTCM 2.x dan koreksi kesalahan *ekstensif*, efeknya buruk dalam penggunaan RTK dengan beban pesan yang relatif tinggi.

3. Versi 3, pada tahun 2004 memperkenalkan format pesan baru untuk RTK, multi-galaksi, yang menggunakan format panjang variabel untuk meningkatkan efisiensi dan meningkatkan jumlah pesan yang dapat dikirim, yang penting

untuk perbedaan waktu nyata. Penamaan versi 3.1 juga diubah menjadi RTCM 10403.1, dan per 20 Mei 2021, versi terbaru adalah 3.3 atau 10403.3.

Standar baru yang terus diperbarui juga sangat meningkatkan jumlah kemungkinan jenis pesan. Dengan jenis pesan baru yang ditentukan, RTCM 3 dirancang khusus untuk memudahkan mengakomodasi sistem baru yang sedang dikembangkan seperti, jaringan yang didukung RTK, sistem satelit baru BDS dan pesan Galileo yang didukung, serta modifikasi sistem yang ada (mis. sinyal L2C dan L5).

### **2.7.1 RTCM Versi 3.0**

RTCM Versi 3, awalnya dirilis pada Februari 2004, adalah versi standar RTCM saat ini dan terus berkembang. Berbeda dengan 2.3, versi 3.x menggunakan format pesan panjang variabel dan pemeriksaan redundansi siklik 24-bit (CRC) tunggal pada seluruh pesan yang bertentangan dengan paritas 6-bit untuk setiap kata 30-bit. Seperti versi sebelumnya, format pesan dimulai dengan pembukaan yang diperluas hingga 8-bit, diikuti oleh area khusus 6-bit, dan kemudian panjang pesan 10-bit yang memungkinkan hingga 1,024 *byte* data. Pesan, masing-masing dengan tajuk dan data yang ditentukan secara pribadi, mengikuti tajuk dan kemudian ditutup dengan CRC. Penghematan data, terutama dalam kasus RTK, adalah signifikan, set koreksi RTK versi 3 umumnya setengah dari versi 2.

Selain itu, versi 3 mengelompokkan pesan bersama dengan data terkait alih-alih mengirim pesan terpisah untuk menyelesaikan tugas yang sama. Misalnya, dalam versi 2, mengirim pesan RTK lengkap memerlukan pesan Tipe 18 untuk koreksi dan 19 untuk pengukuran jarak semu sedangkan, dalam versi 3 informasi ini digabungkan dalam satu Tipe 1003.

Beberapa jenis pesan didefinisikan untuk jenis yang sama informasi untuk lebih meningkatkan efisiensi; Tipe 1001 memiliki data GPS hanya pada frekuensi L1, 1002 menambahkan berbagai informasi tambahan sedangkan, 1003 dan 1004 melakukan hal yang sama dengan data L1 dan L2 untuk stasiun-stasiun yang dapat

memanfaatkan pembawa kedua. Rilis 3.0 asli mendefinisikan 13 jenis pesan, 1001 hingga 1013. Pesan posisi, baik 1002 atau 1004 dan 1010 atau 1012, dikirim dari stasiun tertentu sekitar sekali dalam satu detik. Detail stasiun berada di urutan 20 hingga 30 detik.

Perangkat tersebut segera diperluas untuk mencakup 1019 yang berisi ephemeris GPS, yang menyediakan pembaruan orbit dan dapat digunakan untuk mengunci sinyal GPS dengan lebih cepat. 1020 adalah *ephemeris* GLONASS yang setara. Ini cenderung jarang, karena informasi yang sama juga dikirim secara berkala oleh satelit itu sendiri. Banyak penambahan kemudian menambahkan *ephemeris* untuk Galileo F (1045) dan I (1046), QZSS (1044) dan BeiDou (1042). Tambahan utama lainnya pada sistem ini adalah *State Space Representation* (SSR) yang digunakan untuk memperbarui informasi satelit secara berkala, dan *Multiple Signal Messages* (MSM) yang memungkinkan data dari kumpulan satelit yang berbeda digabungkan menggunakan format data tunggal. MSM juga memungkinkan penerima dasar untuk menambahkan koreksi *Doppler*, yang sebagian besar digunakan untuk menghilangkan ambiguitas saat menggunakan sinyal L1 dengan memindahkan penerima.

### 2.7.2 RTCM Versi 3.2

Seri standar RTCM 10403.2 (Versi 3.2) menjelaskan pesan dan teknik untuk mendukung operasi GPS dan GLONASS dengan satu stasiun referensi atau jaringan stasiun referensi. Namun, formatnya adalah dirancang khusus untuk membuatnya mudah untuk mengakomodasi sistem baru yang berada di bawah pengembangan, Galileo khususnya, serta modifikasi sistem yang ada misalnya, sinyal L2C dan L5. Itu juga dapat mengakomodasi sistem augmentasi yang memanfaatkan satelit *geostasioner* dengan *transponder* yang beroperasi pada pita frekuensi yang sama (RTCM, 2013).

Secara umum ini disebut *Satellite-based Augmentation Systems* (SBAS), dan mereka telah dirancang untuk dapat dioperasikan. Yang pertama diimplementasikan adalah *Wide Area Augmentation System* (WAAS), yang telah

dikembangkan oleh Administrasi Penerbangan Federal AS untuk melengkapi GPS. Yang kedua adalah *European Geostationary Navigation Overlay Service* (EGNOS), yang diimplementasikan untuk meningkatkan GPS dan GLONASS. Sistem baru akan diakomodasi dengan menambahkan pesan baru (RTCM, 2013).

### 2.7.3 CMR+ (*Compact Measurement Record*)

Trimble memperkenalkan format *Compact Measurement Record* (CMR) miliknya sendiri pada tahun 1996 dan CMR+ yang diperbarui pada tahun berikutnya. Format CMR memenuhi persyaratan komunikasi *bandwidth* rendah sedangkan, RTCM 2.x, sebagai format internasional sebelumnya, juga dapat digunakan untuk perbedaan rentang semu.

*Compact Measurement Record* (CMR) adalah format untuk mentransmisikan kode dan data koreksi *fase* pembawa dalam format ringkas dari stasiun pangkalan GNSS ke penemu GNSS untuk penentuan posisi RTK GNSS. CMR adalah data stasiun referensi siaran (satu arah) format komunikasi. Oleh karena itu, penjelajah tidak dapat meminta informasi dan harus menunggu pesan. Semua Pesan CMR dienkapsulasi dalam enam *byte* struktur rangka yang meliputi (Talbot dalam Trimble, 2009):

1. Mulai dari pengidentifikasi transmisi
2. Jenis pesan CMR
3. Panjang pesan, data
4. Akhir dari pengidentifikasi transmisi

Saat ini, ada tiga jenis pesan CMR publik:

1. Tipe 0 – Pengamatan.
2. Tipe 1 – Lokasi stasiun referensi
3. Tipe 2 – Deskripsi stasiun referensi

Pesan lokasi referensi biasanya ditransmisikan setiap 10 detik. Deskripsi stasiun referensi adalah biasanya ditransmisikan dengan kecepatan yang sama di antara dua



pesan tipe 1. Dalam kasus CMR+, seluruh lokasi stasiun referensi dan informasi deskripsi dibagi menjadi sub-pesan yang ditransmisikan menggunakan jenis pesan bergulir CMR 94h. Itu sub-pesan dikirim setiap detik dan dibutuhkan 15 detik untuk mengirimkan informasi stasiun penuh. Umumnya informasi stasiun referensi GNSS tidak spesifik terlepas dari waktu dan datum zaman koordinat stasiun referensi dalam tipe pesan 1. Datum koordinat ditentukan sebagai WGS84 sedangkan, skala waktu zaman cocok dengan skala waktu GPS pengamatan. Untuk sensor khusus GPS, jam internal (*osilator*) diarahkan ke skala waktu sistem GPS (Trimble, 2009).

*Compact Measurement Record* (CMR) yang disajikan, menyediakan standar transmisi terkompresi, yang membutuhkan kurang dari setengah *bandwidth* (2400 baud) dari pesan RTCM (4800 baud) yang setara. Dengan mempublikasikan format CMR, semua produsen sistem RTK akan dapat memanfaatkan standar terkompresi untuk penggunaan umum (Talbot dalam Trimble, 2009).

## 2.8 Menghitung Jarak

Jarak antara dua buah titik dinyatakan sebagai panjang garis yang menghubungkan kedua titik tersebut. Pemanfaatan perhitungan jarak antar titik yaitu mencari jarak suatu objek terhadap objek lainnya dengan membentangkan garis lurus. Dari titik-titik yang telah diketahui koordinatnya pada bidang datar jarak antar dua titik A memiliki koordinat ( $X_a; Y_a$ ) dan B yang memiliki koordinat ( $X_b; Y_b$ ) adalah jarak ( $D$ ) bisa dihitung dari dua titik yang telah diketahui koordinatnya (Syarifullah, 2014). Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan jarak (Syarifullah, 2014) yaitu:

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

(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 Menghitung Azimuth**

Azimuth merupakan sudut *horizontal* yang diukur searah jarum jam dari suatu garis dasar utara dalam sebuah lingkaran dengan nilai sudut dari 1° sampai 360°. Umumnya *azimuth* diberi simbol  $\alpha$ . Adapun rumus untuk menghitung *azimuth* adalah sebagai berikut (Syaifullah, 2014):

$$\alpha_{ab} = \arctan \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

- $x_b$  :  $x_b - x_a$
- $y_b$  :  $y_b - y_a$

Keterangan:

- $\alpha_{ab}$  : Azimuth garis ab
- $x_b$  : Absis titik b
- $x_a$  : Absis titik a
- $y_b$  : Ordinat titik b
- $y_a$  : Ordinat titik a

**2.10 Akurasi Nilai Koordinat**

Akurasi adalah ukuran yang menentukan tingkat kemiripan antara hasil pengukuran dengan nilai yang sebenarnya diukur. Akurasi ini digunakan untuk mengetahui seberapa tepat nilai koordinat yang dihasilkan dari pengamatan RTK NTRIP menggunakan beberapa versi RTCM. Akurasi dapat dilihat dari nilai RMSExy koordinat pengamatan.

*Root Mean Square Error* (RMSE) merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. Berdasarkan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 nilai RMSExy dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$RMSE_{xy} = \frac{\sqrt{\sum((x_{prediksi} - x_{nyata})^2 + (y_{prediksi} - y_{nyata})^2)}}{n} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- : Nilai koordinat X pengamatan RTK NTRIP  
 □□□□ : Nilai koordinat X pengamatan statik  
 □□□□□ : Nilai koordinat Y pengamatan RTK NTRIP  
 □□□□ : Nilai koordinat Y pengamatan statik  
 □ : Banyak data pengamatan

Nilai RMSE<sub>xy</sub> dapat diterapkan dalam ketelitian geometri *horizontal* peta RBI berdasarkan Perka BIG. Ketelitian geometri adalah nilai yang menggambarkan ketidakpastian koordinat posisi suatu objek pada peta dibandingkan dengan koordinat posisi objek yang dianggap posisi sebenarnya. Dengan cara mengalikan nilai RMSE<sub>xy</sub> dengan nilai standar akurasi hasilnya disebut CE90. *Circular Error 90%* (CE90) adalah ukuran ketelitian *geometric horizontal* yang didefinisikan sebagai radius lingkaran yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan posisi *horizontal* objek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih besar dari radius tersebut. Nilai CE90 dapat diperoleh dengan rumus mengacu kepada standar sebagai berikut US NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) sebagai berikut:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_{xy} \dots\dots\dots(4)$$

Ketentuan untuk standar ketelitian geometri peta RBI yang dihasilkan tertera pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Ketelitian peta RBI

No.	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1.	1:1.000.000	400	200	200	300	300,00	500	500,00
2.	1:500.000	200	100	100	150	150,00	250	250,00
3.	1:250.000	100	50	50	75	75,00	125	125,00
4.	1:100.000	40	20	20	30	30,00	50	50,00
5.	1:50.000	20	10	10	15	15,00	25	25,00
6.	1:25.000	10	5	5	7,5	7,50	12,5	12,50
7.	1:10.000	4	2	2	3	3,00	5	5,00
8.	1:5.000	2	1	1	1,5	1,50	2,5	2,50
9.	1:2.500	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10.	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,30	0,5	0,50

(Sumber: Perka BIG nomor 15 Tahun 2014)

## 2.11 Uji Beda

Uji beda digunakan untuk mengetahui apakah dari dua nilai yang diuji berbeda secara signifikan. Uji ini menggunakan uji t dengan derajat kebebasan, dan tingkat kepercayaan tertentu. Pengujian dilakukan dengan cara menghitung beda dua parameter dibagi dengan akar kuadrat masing-masing standar deviasinya.

Berikut model matematis yang digunakan (Soeparjogo dan Ratnaningsih, 2020):

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s_p^2}{n_2}}} \dots\dots\dots (5)$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

- $t$  : Nilai  $t$ -hitung
- $\bar{x}_1$  : Rata – rata data pengamatan kelompok 1
- $\bar{x}_2$  : Rata – rata data pengamatan 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.

Nilai  $\square_{\square\square\square\square}$  ditampilkan pada gambar 4 sebagai berikut: Tabel 3. Tabel presentase distribusi t (df = 81 – 120)

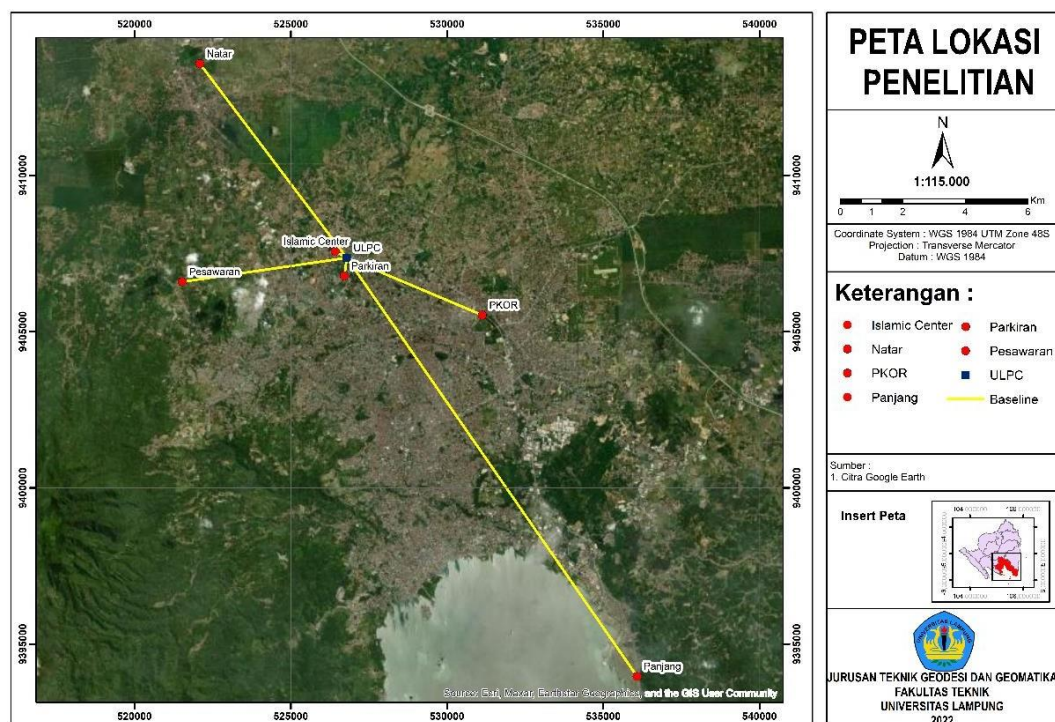
df \ Pr	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001
	0.50	0.20	0.10	0.050	0.02	0.010	0.002
81	0.67753	1.29209	1.66388	1.98989	2.37327	2.63790	3.19392
82	0.67749	1.29196	1.66365	1.98932	2.37269	2.63712	3.19262
83	0.67746	1.29183	1.66342	1.98896	2.37212	2.63637	3.19135
84	0.67742	1.29171	1.66320	1.98861	2.37156	2.63563	3.19011
85	0.67739	1.29159	1.66298	1.98827	2.37102	2.63491	3.18890
86	0.67735	1.29147	1.66277	1.98793	2.37049	2.63421	3.18772
87	0.67732	1.29136	1.66256	1.98761	2.36998	2.63353	3.18657
88	0.67729	1.29125	1.66235	1.98729	2.36947	2.63286	3.18544
89	0.67726	1.29114	1.66216	1.98698	2.36898	2.63220	3.18434
90	0.67723	1.29103	1.66196	1.98667	2.36850	2.63157	3.18327
91	0.67720	1.29092	1.66177	1.98638	2.36803	2.63094	3.18222
92	0.67717	1.29082	1.66159	1.98609	2.36757	2.63033	3.18119
93	0.67714	1.29072	1.66140	1.98580	2.36712	2.62973	3.18019
94	0.67711	1.29062	1.66123	1.98552	2.36667	2.62915	3.17921
95	0.67708	1.29053	1.66105	1.98525	2.36624	2.62858	3.17825
96	0.67705	1.29043	1.66088	1.98498	2.36582	2.62802	3.17731
97	0.67703	1.29034	1.66071	1.98472	2.36541	2.62747	3.17639
98	0.67700	1.29025	1.66055	1.98447	2.36500	2.62693	3.17549
99	0.67698	1.29016	1.66039	1.98422	2.36461	2.62641	3.17460
100	0.67695	1.29007	1.66023	1.98397	2.36422	2.62589	3.17374
101	0.67693	1.28999	1.66008	1.98373	2.36384	2.62539	3.17289
102	0.67690	1.28991	1.65993	1.98350	2.36346	2.62489	3.17206
103	0.67688	1.28982	1.65978	1.98326	2.36310	2.62441	3.17125
104	0.67686	1.28974	1.65964	1.98304	2.36274	2.62393	3.17045
105	0.67683	1.28967	1.65950	1.98282	2.36239	2.62347	3.16967
106	0.67681	1.28959	1.65936	1.98260	2.36204	2.62301	3.16890
107	0.67679	1.28951	1.65922	1.98238	2.36170	2.62256	3.16815
108	0.67677	1.28944	1.65909	1.98217	2.36137	2.62212	3.16741
109	0.67675	1.28937	1.65895	1.98197	2.36105	2.62169	3.16669
110	0.67673	1.28930	1.65882	1.98177	2.36073	2.62126	3.16598
111	0.67671	1.28922	1.65870	1.98157	2.36041	2.62085	3.16528
112	0.67669	1.28916	1.65857	1.98137	2.36010	2.62044	3.16460
113	0.67667	1.28909	1.65845	1.98118	2.35980	2.62004	3.16392
114	0.67665	1.28902	1.65833	1.98099	2.35950	2.61964	3.16326
115	0.67663	1.28896	1.65821	1.98081	2.35921	2.61926	3.16262
116	0.67661	1.28889	1.65810	1.98063	2.35892	2.61888	3.16198
117	0.67659	1.28883	1.65798	1.98045	2.35864	2.61850	3.16135
118	0.67657	1.28877	1.65787	1.98027	2.35837	2.61814	3.16074
119	0.67656	1.28871	1.65776	1.98010	2.35809	2.61778	3.16013
120	0.67654	1.28865	1.65765	1.97993	2.35782	2.61742	3.15954

(Sumber: Junaidi, 2010)

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

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



Gambar 4. Lokasi titik pengamatan RTK NTRIP

Lokasi pengamatan RTK NTRIP dilakukan di 6 (enam) titik yang tersebar di Provinsi Lampung dengan titik *base* CORS Universitas Lampung. Titik pengamatan RTK NTRIP dapat dijabarkan sebagai berikut:

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

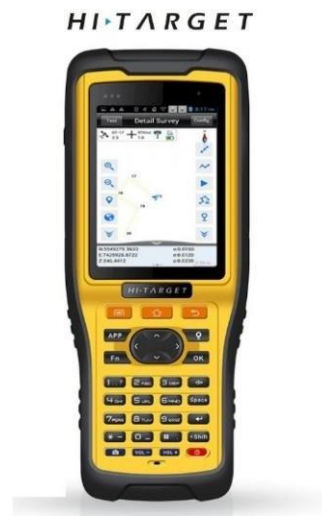
1. 1 (satu) unit GPS Geodetik *Hi-Target V60*



Gambar 5. *Hi-target V60*

(Sumber: <https://www.technogis.co.id/product/gps-hi-target-v60-gnss-rtk-system/>)

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



Gambar 6. *Controller hi-target ihand20*

(Sumber: <https://www.lhgeo.com.br/coleitor-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

Data merupakan bagian penting dalam suatu penelitian. Pada penelitian ini data yang digunakan dibagi menjadi 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 3 (tiga) versi RTCM yang berbeda terdiri dari:

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

#### 3.2.2.2 Data Sekunder

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

Tabel 4. Data sekunder koordinat ULPC

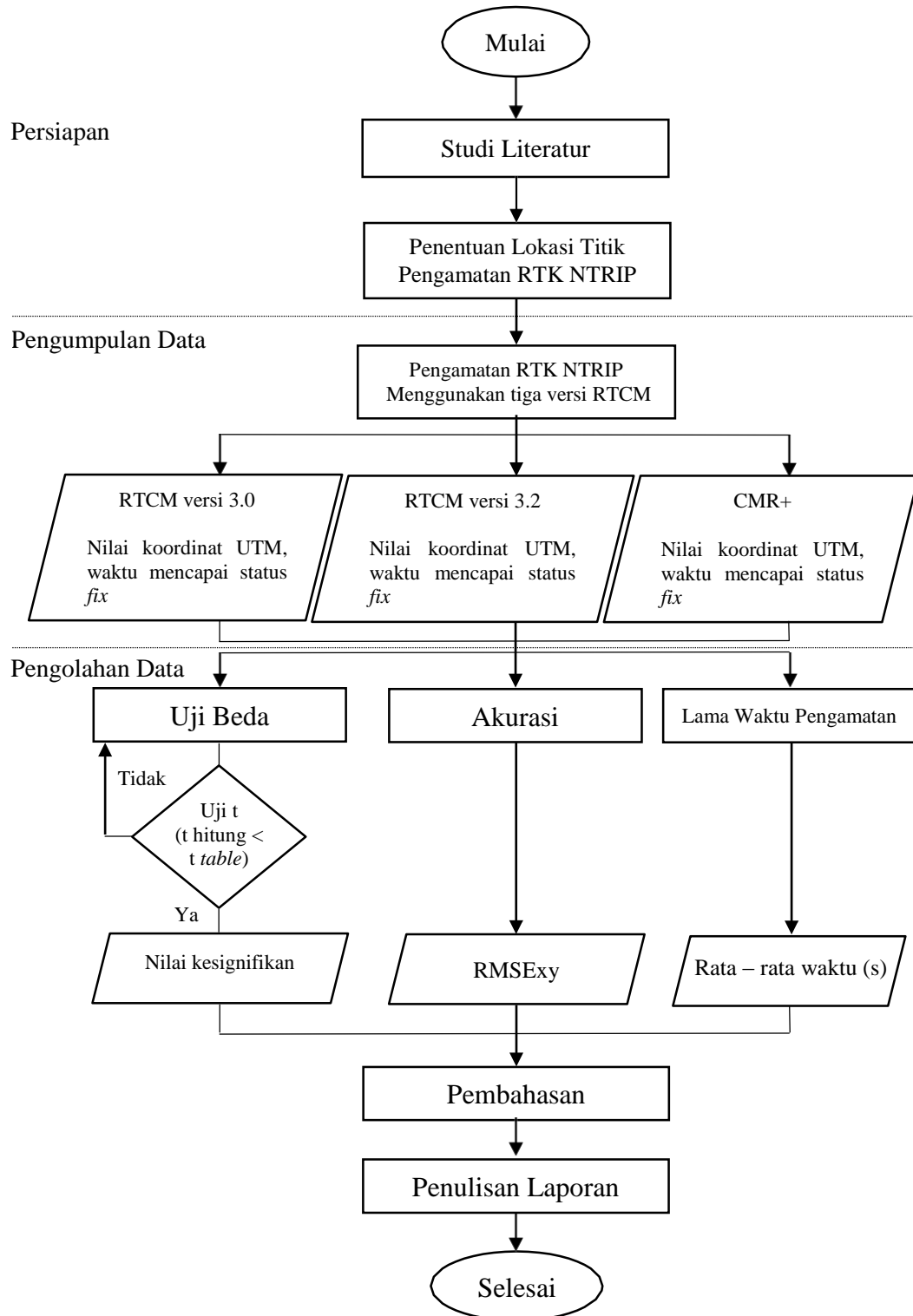
Koordinat ULPC	
X	Y
526789,6130	9407360,1920

Tabel 5. Data sekunder per titik pengamatan

Titik Pengamatan	Koordinat (m)	
	X	Y
Parkiran	526713,5649	9406777,5607
PKOR	531126,5729	9405529,2570
Pesawaran	521526,6188	9406593,3690
Natar	522087,9084	9413572,2310
Panjang	536077,3636	9393971,6670

### 3.2 Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram alir penelitian

### **3.3 Tahapan Penelitian**

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

#### **3.3.1 Persiapan**

Tahap persiapan pada penelitian terdiri dari beberapa kegiatan.

##### **3.3.1.1 Studi Literatur**

Tahapan studi literatur bertujuan untuk mendapatkan informasi serta teori – teori sebagai bahan acuan dan referensi untuk menambah pemahan bagi peneliti.

Referensi tersebut berisi tentang:

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.

##### **3.3.1.2 Penentuan Lokasi Pengamatan**

Lokasi pengamatan adalah lahan terbuka untuk menghindari gangguan saat perekaman data. Penentuan lokasi diawali dengan membuat garis imajiner diatas citra *google earth* untuk mempermudah penentuan lokasi pengamatan. Batas ini digunakan sebagai acuan awal dalam pengambilan sampel lokasi pengamatan. Lokasi pengamatan diharapkan dapat mewakili 4 (empat) arah mata angin sehingga dapat mengelilingi CORS Universitas Lampung.

### 3.3.2 Pengumpulan Data

Data merupakan bagian penting dalam suatu penelitian. Pengamatan RTK NTRIP pada lokasi yang telah ditentukan yakni sebanyak 6 (enam) titik dimana metode ini memanfaatkan CORS ULPC sebagai *base* dan GPS Geodetik *Hi-target* sebagai *rover*. Pengamatan dilakukan dengan elevasi  $15^\circ$  (derajat) dengan interval waktu pengamatan selama 3 (tiga) – 7 (tujuh) menit setiap pergantian versi RTCM. Dalam setiap pengamatan dilakukan perekaman data sebanyak 10 (sepuluh) kali. Sehingga data yang didapatkan pada setiap titik ialah 30 (tiga puluh) data.

Dari pengamatan RTK NTRIP data yang diambil, yakni nilai koordinat yang dapat langsung di *download* dari *controller* GPS Geodetik *Hi-target* masing – masing versi RTCM dan lama waktu pengamatan mencapai status “*fix*” dengan ketelitian ketelitian *horizontal* dan *vertical* mencapai 1 cm. Setelah sampel data yang dibutuhkan telah didapatkan kemudian dilanjutkan dengan proses pengolahan data. Hasil pengamatan dengan menggunakan 3 (tiga) versi RTCM yaitu, RTCM 3.0, RTCM 3.2 dan CMR+ yang kemudian diolah menggunakan *software Microsoft Excel*.

### 3.3.3 Pengolahan Data

Data hasil pengamatan RTK NTRIP berupa nilai koordinat yang dapat langsung di *download* dari *controller* GPS Geodetik *Hi Target* pada masing – masing versi RTCM dan catatan lama waktu pengamatan. Nilai koordinat yang digunakan yaitu koordinat UTM (*easting, northing*). Kemudian data hasil pengamatan RTK NTRIP akan dilakukan proses pengolahan data yaitu menghitung nilai RMSExy untuk mengetahui akurasi koordinat berdasarkan Perka BIG, melakukan uji beda dengan uji t untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan nilai koordinat hasil pengamatan RTK NTRIP menggunakan 3 (tiga) versi RTCM, dan melakukan perhitungan pada lama waktu pengamatan untuk mendapat rata – rata waktu dengan bantuan *software Microsoft Excel 2013*.

### 3.3.3.1 Menghitung Jarak

Pada tahap ini dilakukan perhitungan jarak yang diukur dari *base* yakni titik ULPC ke rover yakni titik pengamatan RTK NTRIP yang tersebar pada 6 lokasi. Perhitungan jarak menggunakan persamaan 1, dengan mengurangkan masing – masing nilai x dan y titik pengamatan dengan nilai x dan y titik ULPC sehingga menghasilkan nilai jarak *base – rover* atau jarak ULPC ke titik pengamatan RTK NTRIP. Nilai deviasi dari jarak setiap titik pengamatan yang akan digunakan pada perhitungan uji beda.

### 3.3.3.2 Menghitung Azimuth

Pada tahap ini dilakukan perhitungan *azimuth* untuk mengetahui arah atau posisi dari *base* yakni titik ULPC ke titik pengamatan RTK NRTIP. Nilai deviasi dari *azimuth* setiap titik pengamatan yang akan digunakan pada perhitungan uji beda. Adapun tahap dalam menghitung nilai *azimuth* adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan *azimuth* dapat menggunakan persamaan 2 (dua) dengan membagi nilai dx dengan nilai dy hasil pengamatan, kemudian menghitung nilai ArcTan. Nilai hasil perhitungan sebelumnya berbentuk radian perlu dirubah menjadi sudut, yaitu dengan mengalikan nilai hasil perhitungan sebelumnya dengan  $180^\circ/\pi$ .
2. Untuk mengetahui *azimuth* dari koordinat yang terbagi menjadi 4 kuadran dengan ketentuan, apabila:  
 Nilai dx dan dy (+) positif maka tergolong kuadran I nilai  $\alpha$  adalah hasil *azimuth* tersebut.  
 Nilai dx (+) positif dan dy (-) negatif maka tergolong kuadran II nilai  $\alpha$  (-) negatif harus ditambah  $180^\circ$ .  
 Nilai dx (-) negatif dan dy (-) negatif maka tergolong kuadran III  $\alpha$  (+) positif harus ditambah  $180^\circ$ ; dan  
 Jika nilai dx (-) negatif dan dy (+) positif maka tergolong kuadran IV  $\alpha$  (-) negatif ditambah  $360^\circ$ .

### 3.3.3.3 Akurasi

Akurasi digunakan untuk mengetahui seberapa tepat nilai koordinat yang dihasilkan dari pengamatan RTK NTRIP menggunakan beberapa versi RTCM. Akurasi dapat dilihat dari nilai RMSE<sub>xy</sub> koordinat pengamatan dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat.

Dari nilai RMSE<sub>xy</sub> diterapkan dalam ketelitian dalam peta RBI, dengan cara mengalikan nilai standar akurasi dengan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi (RMSE) nilai koordinat  $x$  dan  $y$  hasil pengamatan RTK NTRIP, dapat menggunakan persamaan 3 (tiga). Nilai akurasi *horizontal* digunakan untuk mengetahui kelas ketelitian peta dan kelompok skala peta RBI berdasarkan Perka BIG, dapat dilihat dalam tabel 3. Ketentuan Ketelitian Geometri Peta RBI (Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014).

### 3.3.3.4 Uji Beda

Uji beda dilakukan untuk mengindikasikan ada tidaknya perbedaan dengan menggunakan uji-t dengan cara menguji nilai deviasi jarak dan *azimuth* dari ketiga versi RTCM yang digunakan pada pengamatan RTK NTRIP. Uji beda ini digunakan untuk mengetahui perbedaan nilai deviasi dari masing-masing skenario pengolahan yang dilakukan. Untuk melakukan uji-t diperlukan selisih nilai rata – rata antar dua kelompok dimana selisih kedua nilai rata – rata ini akan dibagi dengan hasil akar dari penjumlahan standar deviasi kuadrat antara kedua kelompok. Pengambilan keputusan dilakukan dengan membandingkan t-hitung terhadap tabel distribusi t. Pengujian dilakukan terhadap skenario berikut:

1. Skenario I uji beda untuk RTCM 3.0 dengan RTCM 3.2.
2. Skenario II uji beda untuk RTCM 3.0 dengan CMR+.
3. Skenario III uji beda untuk RTCM 3.2 dengan CMR+.

Metode pengujian menggunakan uji-t dengan selang kepercayaan 95% ( $\alpha=0.05$ ). Pengambilan keputusan dilakukan dengan membandingkan hasil t-hitung dengan *t-table*. Nilai *t-table* dapat diperoleh dengan rumus ( $\alpha/2$ ) yang berarti  $0.05/2$  hasilnya

0.025 dan nilai *df* (*degree of freedom*) didapat dari menjumlahkan banyak data pengamatan kedua kelompok pengujian dan mengurangi dengan 2 (dua). Jika hasil hitungan lebih besar dari *t-table* ( $t\text{-hitung} > t\text{-table}$ ) maka terdapat perbedaan yang signifikan. Jika hasil hitungan lebih kecil dari *t-table* ( $t\text{-hitung} < t\text{-table}$ ) maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Perhitungan uji *t* dilakukan pada nilai selisih deviasi pada jarak dan *azimuth* yang dilakukan secara terpisah.

### **3.3.3.5 Lama Waktu Pengamatan**

Data waktu yang digunakan adalah waktu pengamatan RTK NTRIP hingga mencapai status *fix* dengan batas ketelitian HRMS dan VRMS adalah 1 cm. Waktu akan dihitung dengan bantuan *stopwatch* dari mulai menghidupkan alat hingga status *fix*. Dilakukan berulang pada masing – masing versi RTCM.

Data waktu yang diambil pada setiap pengamatan yakni sebanyak 5 (lima) catatan waktu untuk setiap versi RTCM dengan interval 3 – 5 menit pada setiap perekaman. data yang telah terkumpul kemudian akan dihitung nilai rata – ratanya.

### **3.3.4 Pembahasan dan Pelaporan**

Hasil pengolahan data nilai koordinat hasil pengamatan RTK NTRIP dengan 3 (tiga) versi RTCM yang berbeda pada tahap ini akan dianalisis dan dilaporkan dalam bentuk tulisan.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian pada penggunaan beberapa versi RTCM untuk pengamatan RTK NTRIP, dapat peneliti simpulkan sebagai berikut:

1. Nilai RMSE<sub>xy</sub> yang dihasilkan pada masing – masing 3 (tiga) versi RTCM yaitu RTCM versi 3.0 sebesar 0,04 m, RTCM 3.2 sebesar 0,05 m dan CMR+ sebesar 0,03 m. Nilai tersebut didapat dari hasil merata – ratakan seluruh nilai RMSE<sub>xy</sub> masing – masing versi RTCM pada 5 (lima) titik pengamatan. Hasil akurasi diterapkan dalam ketelitian Peta RBI masuk kedalam kelas 1 dengan ketelitian  $\leq 0.2$  m dan skala 1:1000 berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014.
2. Dari hasil perhitungan uji beda pada deviasi jarak dan deviasi *azimuth* pada ketiga skenario pengujian menunjukkan nilai *t* hitung < *t* *table* sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan RTCM (versi 3.0, versi 3.2 dan CMR+) pada pengamatan RTK NTRIP tidak memiliki perbedaan yang signifikan.
3. Waktu tercepat mencapai status *fix* disemua lokasi yaitu versi CMR+ dengan rentang waktu 12 – 22 detik sedangkan, waktu terlama mencapai status *fix* disemua lokasi yaitu versi RTCM 3.0 dengan rentang waktu 32 – 44 detik.
4. Berdasarkan penelitian ini format data *differential* CMR+ memiliki kemampuan lebih baik dari segi akurasi berdasarkan nilai RMSE<sub>xy</sub> dan memiliki lama waktu pengamatan yang relatif lebih cepat hal tersebut disebabkan ukuran *bandwith* CMR+ setengah dari ukuran *bandwith* RTCM versi 3.0 dan 3.2.

### 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan melalui penelitian ini adalah:

1. Titik pengamatan lebih banyak akan lebih baik sehingga data yang didapat akan lebih bervariasi. Rentan jarak dibuat per-km agar dapat mengetahui batas



maksimal dari ULPC. Lokasi pengamatan haruslah lahan lapang terbuka untuk memaksimalkan tangkapan sinyal satelit dari segala arah.

2. Pada saat melakukan pengamatan sebaiknya untuk mengaktifkan salah satu format data *differential* saja, agar lebih efektif dan menghindari gangguan pada saluran transfer data.
3. Sebelum melakukan pengambilan data ada baiknya melakukan pelatihan alat agar pada saat pengambilan data dapat mengatasi gangguan yang terjadi pada alat.
4. 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. Zainal. 2007. Penentuan posisi dengan GPS dan aplikasinya. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Atunggal, Dedi. 2010. Pembuatan Sistem Pemantauan Pergerakan Titik Hasil Penentuan Posisi Metode NTRIP RTK Menggunakan Komunikasi Data Berbasis TCP-IP. *In Prosiding Seminar Nasional GNSS-CORS Pengembangan dan Aplikasinya di Indonesia.*
- Awaluddin, M., dan Sasmito, B. 2018. Hitungan Kecepatan Pergeseran Titik Pengamatan Deformasi Dengan GPS Menggunakan Titik Ikat Regional Dan Global. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), 100-108.
- Badan Informasi Geospasial. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.
- Dong, Lance. 2022. *What is RTCM? Why does RTK firmware updating matter?.* Tersus GNSS.
- Hafiz, Ega G., Awaluddin, M., Yuwono, Bambang D., dan Wijaya, Arwan P. 2014. Analisis Pengaruh Panjang Baseline Terhadap Ketelitian Pengukuran Situasi Dengan Menggunakan GNSS Metode RTK NTRIP. Skripsi Teknik Geodesi Program Sarjana Univeritas Diponegoro.
- Lin, M. 2006. *RTCM 3.0 Implementation in network RTK and performance analysis. University of Calgary, Department of Geomatics Engineering.*
- Marbawi, Mualif, Yowono, Bambang Darmo, Sudarsono, Bambang. 2015. Analisis Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan GNSS RTK-Radio dan RTK-NTRIP Pada Stasiun CORS Undip. *Jurnal Geodesi Undip* 4(4): 297- 306.
- Prabowo, Ginanjar Ihsan. 2014. Perbandingan Tingkat Kepresisian Hasil Pengamatan RTK NTRIP Dengan *Base Station* CORS GMU1 Menggunakan Lima *Provider* Telekomunikasi. Skripsi Teknik Geodesi. Repository UGM. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Petit, Gerard dan Luzum, Brian. 2010. *International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS). IERS Technical Note No. 36.*
- Prasetyo, Eko. 2007. Karakteristik Kualitas Penentuan Posisi Dengan Kombinasi Satelit GPS dan GLONASS. Tugas Akhir Institut Teknologi Nasional.

- Putri, Gita Nindya. 2020. Pendefinisian Koordinat ULP2 Universitas Lampung Terhadap ITRF 2014 Serta Analisa Penggunaan Tiga Macam *Receiver* GNSS yang Berbeda. Skripsi Teknik Geodesi Universitas Lampung.
- Rasyid, R. W., Sudarsono, B., dan Amarrohman, F. J.. 2016. Analisis Pengukuran Bidang Tanah Dengan Menggunakan GNSS Metode RTK-NTRIP Pada Stasiun CORS Undip, Stasiun CORS BPN Kabupaten Semarang, Dan Stasiun CORS BIG Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip* 5(4): 101–11.
- Saputra, Renaud, Awaluddin, M. dan Yuwono, Bambang Darmo. 2017. Analisis Deformasi Di Wilayah Jawa Timur Dengan Menggunakan CORS BIG. *Jurnal Geodesi Undip* 6(4): 422 - 432.
- Sari, Atika. 2014. Analisa Perbandingan Ketelitian Penentuan Posisi Dengan GPS RTK-NTRIP Dengan Base CORS Badan Informasi Geospasial (BIG) Dari Berbagai Macam *Mobile Provider* (Studi Kasus: Surabaya). *Jurnal Geoid ITS* vol. 10(10).
- Sheng L. L. 2003. *Application of GPS RTK and Total Station System on Dynamic Monitoring Land Use. Departement of Land Economics Natioanal Changchi University. Taiwan Republic of China.*
- Soeprajogo, Magdalena P. dan Nina Ratnaningsih. 2020. Perbandingan Dua Rata-rata Uji-t. Unit Oftalmologi Komunitas Pusat Mata Nasional Rumah Sakit Mata Cicendo. Bandung: Universitas Padjadjaran.
- Syaifullah, Arif. 2014. Ilmu Ukur Tanah. Modul Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional Kementrian Agraria Dan Tata Ruang atau Badan Pertanahan Nasional. MODUL MKB-2/3 SKS/ MODUL I-IX.
- Trimble. 2009. *CMRx: A New Correction Format from Trimble. White Paper. www.trimble.com*
- UNOOSA.org, <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/gnss/gnss.html>
- Wahyono, Eko Budi dan Suhattanto, Muh Arif. 2019. Survey Satelit Pertanahan. Skripsi Program Studi Diploma IV Pertanahan. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional.
- Widjajanti, N. 2010. *Deformation Analysis of Offshore Platform using GPS Techique and its Application in Structural Integrity Assessment. Ph.D Disertasi. Malaysia: Universitas Teknologi PETRONAS*
- Wiyono, Nurdin Eko Pambudi. 2020. Uji Akurasi Pengukuran GNSS COMNAV T300 dan South G1 Menggunakan Metode RTK-NTRIP Pada Variasi Jarak Terhadap Base Station. Skripsi Progam studi Diploma IV Pertanahan. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional.