

**OPTIMASI AKURASI POSISI DENGAN METODE *REAL TIME*
*KINEMATIC***

(Skripsi)

Oleh

**GUSTI MADE ARYA WIJAYA
1415031058**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF POSITIONAL ACCURACY WITH THE REAL TIME KINEMATIC METHOD

By

GUSTI MADE ARYA WIJAYA

Positioning using a satellite-based automatic navigation system, the Global Navigation Satellite System (GNSS) or commonly known as the Global Positioning System (GPS), generally has not yet provide a high accuracy. Therefore, in order to diminish this disadvantage, a differential positioning mechanism using the Real Time Kinematic (RTK) method is applied. In this study a RTK system, consisting of a base station and a rover, was created using customer-grade GNSS receiver modules and radio communication between the two. This study compared the results of the accuracy between stand-alone GNSS receivers and the RTK GNSS system that was designed for static measurements (stationary rover) and also performed the kinematic accuracy measurements (moving rover) over 4 referenced waypoints using the designed RTK GNSS system. This system has been successfully implemented. Moreover, the results of testing on static measurements showed that the average accuracy by twice of root mean square (2DRMS) is 11.54 cm, compared to the standalone GNSS receiver that has the deviation accuracy of 386.75 cm. Furthermore, the kinematic measurements obtained an accuracy of 22.48 cm on 1st waypoint, 4.8 cm on 2nd waypoint, 27.40 cm on 3th waypoint, and 27.79 cm on 4th waypoint. It can be concluded that the RTK GNSS will increase the positioning accuracy, and has a better performance than the stand-alone GPS/GNSS.

Keywords : GNSS *receiver*, RTK, accuracy, static, kinematic

ABSTRAK

OPTIMASI AKURASI POSISI DENGAN METODE *REAL TIME KINEMATIC*

Oleh

GUSTI MADE ARYA WIJAYA

Penentuan posisi menggunakan sistem navigasi otomatis berbasis satelit yaitu *Global Navigation Satellite System* (GNSS) atau biasa kita kenal dengan *Global Positioning System* (GPS) umumnya tidak memiliki akurasi yang tinggi. Untuk mengatasi kekurangan tersebut dilakukan penentuan posisi secara differensial dengan metode *Real Time Kinematic* (RTK). Pada penelitian ini dibuat suatu sistem yang terdiri dari bagian *base station* (statis) dan *rover* (bergerak), menggunakan modul *receiver* GNSS umum dan komunikasi radio antar keduanya. Penelitian ini membandingkan hasil akurasi antara *receiver* GNSS mandiri dengan *receiver* GNSS RTK yang dirancang untuk pengukuran statik (*rover* tidak bergerak) dan melakukan pengukuran akurasi secara kinematik (*rover* bergerak) melewati 4 buah *waypoint* menggunakan *receiver* GNSS RTK. Sistem ini telah berhasil direalisasikan dan hasil pengujian pada pengukuran statik menunjukkan kemampuan akurasi, melalui perhitungan *twice of root mean square* (2DRMS), dengan nilai rata-rata sebesar 11.54 cm, sedangkan pada *receiver* GNSS mandiri adalah 386.75 cm. Pada pengukuran kinematik diperoleh akurasi 22.48 cm pada *waypoint* 1, 4.8 cm pada *waypoint* 2, 27.40 cm pada *waypoint* 3, dan 27.79 cm pada *waypoint* 4. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan GNSS RTK dapat meningkatkan akurasi posisi yang lebih baik dari perangkat GPS/GNSS mandiri.

Kata kunci : *receiver* GNSS, RTK, akurasi, statik, kinematik

**OPTIMASI AKURASI POSISI DENGAN METODE *REAL TIME*
*KINEMATIC***

Oleh

GUSTI MADE ARYA WIJAYA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

pada

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **OPTIMASI AKURASI POSISI DENGAN
METODE *REAL TIME KINEMATIC***

Nama Mahasiswa : **Gusti Made Arya Wijaya**

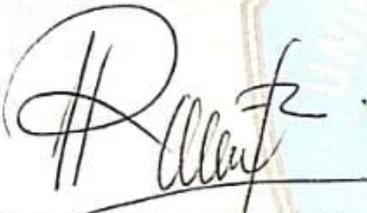
No Pokok Mahasiswa : 1415031058

Jurusan : Teknik Elektro

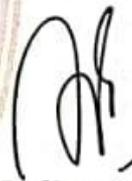
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Herlinawati, S.T., M.T.
NIP : 19710314 199903 2 001



Dr. Ing. Ardian Ulvan, M.Sc.
NIP: 19731128 199903 1 005

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Herman H Sinaga, S.T., M.T.
NIP.19711130 199903 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

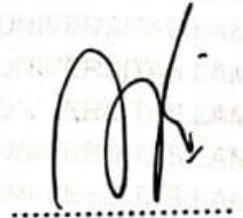
Ketua

: Herlinawati, S.T., M.T.



Sekretaris

: Dr. Ing. Ardian Ulvan, M.Sc.



Penguji

bukan pembimbing : Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 23 April 2019

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pringsewu, Provinsi Lampung pada tanggal 4 Januari 1996. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Gusti Nyoman Sutiarse dan Ibu Ida Ayu Nyoman Pidada

Riwayat pendidikan penulis antara lain TK Fransiskus Pringsewu (2000 – 2002), SD Fransiskus Pringsewu (2002 - 2003), SDN 1 Pringsewu (2003 – 2008), SMPN 1 Pringsewu (2008 – 2011), SMAN 1 Pringsewu (2011 – 2014), dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2014 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) sebagai anggota Departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri, lalu dilanjutkan Departemen Komunikasi dan Media Informasi. Penulis aktif di organisasi riset Unila Robotika dan Otomasi, diawali sebagai anggota divisi robotik, lalu aktif mengikuti Kontes Robot Indonesia (KRI) dan Kontes Robot Terbang Indonesia (KRTI) serta aktif di riset-riset bidang robotik lainnya. Penulis juga aktif sebagai anggota Keluarga Silat Nasional Perisai Diri ranting Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

Saya persembahkan Karya ini untuk kedua Orang Tuaku yang tercinta, sebagai wujud rasa terima kasih atas pengorbanan dan jerih payah kalian sehingga saya dapat menggapai cita-cita.

MOTTO

“Semua hasil yang baik diperoleh dengan
Kerja Keras,
jangan lupa untuk selalu **Bebuat Baik** dan
Bersyukur Setiap Saat”

SANWACANA

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Sang Hyang Widhi Wasa karena berkat wara nugraha-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi tugas akhir ini. Penyusunan skripsi merupakan syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih atas ilmu, saran serta bimbingan dari semua pihak. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
2. Ibu Umi Murdika, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I pada skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II pada skripsi ini.
5. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji pada skripsi ini.
6. Bapak Mona Arif Muda B., S.T., M.T., selaku Ketua di Unila Robotika dan Otomasi (URO) atas masukan dan sarannya.
7. Bapak Tim Everett, selaku *founder* blog rtkexplorer.com atas artikel-artikelnya serta pengarahannya kepada saya.

8. Kakak Aris Susilo, S.T selaku PLP Lab Teknik Digital atas bantuan pengerjaan prototipe versi pertama.
9. Seluruh dosen-dosen mata kuliah atas segala ilmu yang diberikan.
10. Seluruh jajaran staf administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
11. Kedua orang tuaku tercinta, kakak dan adikku atas kasih sayang yang berlimpah dan selalu memberikan doa, serta dukungan materil maupun moril.
12. Seluruh rekan-rekan URO khususnya URO14 (Rifky, Rudi, Adhit, Oka, Rizka, Suci, Meri) dan dosen pembimbing URO.
13. Nyoman Wardani, S.Pd yang selalu memberikan semangat bagaimanapun kondisi saya.
14. Serta semua pihak yang telah memberikan bantuan dari awal penelitian skripsi hingga selesainya laporan ini.

Penulis sangat berharap skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi dirinya sendiri dan seluruh pembaca. Selain itu, penulis juga membutuhkan saran serta kritikan yang bersifat membangun guna kemajuan penulis dalam penulisan karya ilmiah ataupun laporan selanjutnya. Kepada kalian semua penulis mengucapkan terimakasih.

Bandar Lampung, Juli 2019

Penulis,



Gusti Made Arya Wijaya

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJUAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Pustaka.....	5
2.2 <i>Global Navigation Satellite System (GNSS)</i>	7
2.2.1 Definisi GNSS	7
2.2.2 Sinyal GNSS	10
2.2.3 Prinsip Dasar Penentuan Posisi dengan GNSS.....	11
2.2.4 Kesalahan dan Bias Pengamatan	16
2.3 <i>Benchmark (BM)</i>	17
2.4 Modul <i>receiver GNSS U-Blox M8 Series</i>	19
2.5 <i>Radio Telemetry 433 MHz</i>	20
2.6 <i>Software RTKLIB</i>	21
2.7 <i>Raspberry Pi 3</i>	23
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.3 Metode Penelitian.....	26
Tahap 1: Studi literatur	26
Tahap 2: Perancangan alat dan sistem	26
Tahap 3: Pengujian alat dan sistem.....	29
Tahap 4: Pengumpulan data.....	29
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	34

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
 DAFTAR PUSTAKA	 37

DAFTAR GAMBAR

Gambar.....	Halaman
2.1 Prinsip Dasar Penentuan Posisi dengan GNSS Menggunakan Pendekatan Vektor	12
2.2 Prinsip penentuan jarak dengan kode.....	12
2.3 Prinsip penentuan jarak dengan fase gelombang <i>carrier</i>	13
2.4 Metode Pengamatan Absolut Statik dan Kinematik.....	14
2.5 Metode Pengamatan Diferensial	15
2.6 Ilustrasi kesalahan dan bias pengamatan pada GNSS.....	17
2.7 <i>Benchmark</i> (BM)	18
2.8 <i>Chip receiver</i> GNSS M8-series	19
2.9 Modul <i>telemetry</i> 433 MHz.....	21
2.10 Software RTKLIB yang Dijalankan di Linux Ubuntu.....	22
2.11 Software RTKLIB yang dijalankan di Windows 7	23
2.12 <i>Raspberry Pi</i> 3.....	24
3.1 Blok Diagram Sistem pada <i>Base Station</i>	27
3.2 Blok Diagram Sistem pada <i>Rover</i>	27
3.3 Desain Perangkat Keras <i>Base Station</i> dan <i>Rover</i>	27
3.4 <i>Scatter plot</i> pada hasil pengukuran posisi.....	31
3.5 Ilustrasi Pengukuran Koodinat Posisi BM1 dengan <i>Receiver</i> GNSS Mandiri	32
3.6 Ilustrasi Pengukuran Koordinat Posisi BM1 dengan sistem <i>receiver</i> GNSS RTK	32

3.7 Ilustrasi Pengukuran 4 Waypoint yang Terdapat di Bagian Pinggir Taman.....	33
3.8 Diagram Alir Penelitian	34
4.1 Sistem <i>receiver</i> GNSS RTK yang Telah Dirancang	35
4.2 <i>Base Station</i>	36
4.3 <i>Rover</i>	36
4.4 Hasil Pengujian Modul GNSS Menggunakan <i>Software</i> U-Centre V8.29.....	37
4.5 Data <i>raw</i> yang Ditampilkan pada <i>Software</i> RTKNAVI	39
4.6 Data <i>raw</i> Berupa <i>Pseudo Range</i> , <i>Carrier Phase</i> , dan <i>Doppler</i>	39
4.7 Plot Data Hasil Pengukuran Secara Statik Menggunakan <i>Receiver</i> GNSS Mandiri.....	41
4.8 Plot Data Hasil Pengukuran <i>Real Time Static</i> Menggunakan <i>Receiver</i> GNSS RTK.....	43
4.9 Grafik Perbandingan Akurasi <i>Standalone</i> GNSS <i>receiver</i> dengan RTK GNSS <i>receiver</i>	45
4.10 Grafik rata-rata akurasi yang terukur oleh <i>standalone</i> GNSS <i>receiver</i> dan RTK GNSS <i>receiver</i>	45
4.11 Grafik Pengaruh Banyaknya Jumlah Rerata Satelit yang Terukur terhadap Akurasi.	46
4.12 <i>Waypoint</i> yang ditentukan untuk pengukuran kinematik.....	47
4.13 Hasil pengukuran kinematik pertama yang dibandingkan dengan <i>waypoint</i>	48
4.14 Hasil pengukuran kinematik kedua yang dibandingkan dengan <i>waypoint</i>	48

DAFTAR TABEL

Tabel.....	Halaman
2.1 Spesifikasi <i>chip receiver</i> GNSS M8-series.....	19
2.2 Daftar AP yang terdapat pada RTKLIB GUI dan CUI.....	22
2.3 <i>Input</i> dan <i>Output</i> pada Raspberry Pi <i>board</i>	24
3.1 Alat dan Bahan.....	25
3.2 Isi <i>Configuration File</i> yang digunakan RTKRCV.....	28
4.1 Hasil pengukuran koordinat BM1 menggunakan <i>receiver</i> GNSS mandiri.....	42
4.2 Hasil pengukuran koordinat BM1 secara statik dengan sistem RTK GNSS receiver yang dirancang.....	43
4.3 Nilai koordinat pada <i>waypoint</i>	47
4.4 Nilai <i>latitude waypoint</i> yang terukur saat pengukuran kinematik.....	49
4.5 Nilai <i>longitude waypoint</i> yang terukur saat pengukuran kinematik....	49
4.6 Nilai akurasi dari <i>waypoint</i> pengukuran kinematik.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan sistem navigasi otomatis berbasis satelit yaitu *Global Navigation Satellite System* (GNSS) atau biasa kita kenal dengan *Global Positioning System* (GPS) sudah umum digunakan untuk menentukan koordinat suatu tempat pada kendaraan, *smartphone*, wahana udara berawak dan tak berawak, dan lain-lain. Saat ini perangkat GNSS juga mengalami perkembangan, hal ini ditandai dengan semakin banyak *receiver* GNSS umum (*customer grade*) yang beredar.

Penentuan posisi oleh GNSS belum memberikan letak posisi yang akurat, terdapat kesalahan dan bias yang berkaitan dengan satelit, medium propagasi, *receiver* GNSS, data pengamatan, dan lingkungan sekitar *receiver* GNSS (seperti *multipath*). Kesalahan dan bias tersebut dapat mengurangi keakuratan data pengukuran hingga dalam skala meter.

Ketelitian dari GNSS yang tinggi diperlukan untuk beberapa aplikasi seperti fotogrametri, survei wilayah, pengantar paket secara *auto pilot* pada *drone*, pertanian presisi, dan lain-lain. Diperlukan suatu usaha untuk meningkatkan ketelitian dari GNSS ini yaitu dengan menggunakan metode *real time*

kinematic (RTK). Metode RTK adalah penentuan posisi *real-time* secara diferensial menggunakan data fase. Metode RTK dilakukan dengan menggunakan 2 perangkat GNSS. Bagian yang pertama sebagai *base station* dan bagian yang kedua sebagai *rover* atau yang bekerja. *Base station* berfungsi sebagai pemberi koreksi dan posisinya tetap (tidak bergerak), sedangkan *rover* posisinya boleh berpindah-pindah sesuai dengan *positioning* yang diinginkan.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan berdasarkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui keakuratan GNSS?
2. Bagaimana meningkatkan akurasi GNSS dengan metode RTK

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini pembahasan permasalahan dibatasi dalam hal-hal sebagai, yaitu:

1. Modul *receiver* GNSS yang digunakan adalah U-Blox M8T.
2. Perbaikan nilai GNSS dilakukan dengan menggunakan software RTKLIB yang dipasang pada *rover* dengan nilai parameter yang tetap disetiap pengukuran.
3. Komunikasi nirkabel antara rover dan base station menggunakan modul radio 433MHz.
4. Mengabaikan pengaruh *telemetry* terhadap akurasi yang terukur oleh sistem.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki 2 tujuan, yaitu:

1. Merancang dan merealisasikan prototipe sistem GNSS RTK.
2. Meningkatkan nilai akurasi posisi dengan metode RTK.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat meningkatkan keakuratan pada penentuan posisi oleh GNSS dengan metode RTK. Penelitian ini lebih lanjut dapat diaplikasikan pada kegiatan yang memerlukan keakuratan GNSS yang tinggi seperti pemetaan, drone pengantar paket, pertanian presisi, dan lain-lain.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab kedua ini berisi tentang dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian yang dilakukan. Bab ini juga terdapat penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ketiga ini mengulas tentang waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, alat dan bahan yang digunakan, metode penelitian yang berisi tentang cara yang akan digunakan penulis dalam merancang sistem dan mengumpulkan data, serta diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab berikut ini berisi tentang hasil yang diperoleh penulis setelah melakukan penelitian serta menganalisa hasil penelitian tersebut.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir ini berisi tentang kesimpulan yang didapat setelah penelitian dilakukan serta saran-saran yang mungkin menjadi acuan untuk perkembangan alat ini kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang daftar referensi-referensi yang digunakan penulis sebagai acuan dan penunjang dalam penelitian ini .

BAB II **TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Kajian Pustaka

Penentuan posisi teliti dengan metode *Real Time Kinematic* (RTK) umumnya menggunakan perangkat GPS *geodetic* yang digunakan oleh surveyor. Muallif Marbawi et. al. [1] membahas analisa pengukuran bidang tanah menggunakan GPS RTK radio dan RTK *Networked Transported RTCM via Internet Protocol* (NTRIP) yang menggunakan data koreksi dari *Continuously Operating Reference Station* (CORS) Universitas Diponegoro. Perangkat GPS yang digunakan adalah tipe geodetik yaitu Topcon Hiper II Dual Frekuensi dan Topcon Hiper Gb Dual Frekuensi.

Dilain pihak, beberapa peneliti mengembangkan metode RTK untuk mendapatkan solusi yang lebih terjangkau. T. Takasu dan A. Yasuda [2] melalui penemuan *software* RTKLIB menggunakan modul GPS murah untuk peningkatan ketelitian dalam penentuan posisi. RTKLIB terdiri dari program *portable library* dan beberapa program aplikasi. RTKLIB dibangun menggunakan bahasa pemrograman C dan digunakan untuk pengolahan data pengamatan GPS [3].

Dalam penelitiannya, Dedi Atunggal, et. al. [4], membahas penggunaan modul GPS murah untuk penentuan posisi teliti dengan metode RTK NTRIP. Perangkat GPS yang digunakan adalah Ublox seri LEI-6T. Penulis menggunakan *smartphone* Android dengan aplikasi RTK+ (berbasis RTKLIB) untuk melakukan pengolahan data GPS. Hasil penelitian yang diperoleh adalah solusi *float* dengan ketelitian pada level desimeter.

Penentuan posisi teliti dengan metode RTK *moving baseline* telah dikaji oleh Jan Roháč dan Martin Šipoš [5], dimana *base station* dan *rover* ditempatkan pada satu wahana yang bergerak. Para penulis juga menggunakan modul GPS murah dan *software* RTKLIB. Dalam penelitiannya diperoleh solusi *float+fix* dengan ketelitian desimeter dan solusi *fix* dengan ketelitian centimeter.

Pengolahan data pengamatan GPS menggunakan *software* RTKLIB juga dikaji oleh Desvandri Gunawan, et. al. [6]. Penulis membandingkan hasil pengolahan data GPS *software* RTKLIB dan *software* Topcon Tools dengan hasil pengolahan data GPS *software* ilmiah Bernesse. Dari penelitiannya diketahui bahwa pengolahan data GPS *software* RTKLIB memiliki standar deviasi ketelitian yang lebih baik dan lebih mendekati hasil dari data sekunder, yaitu hasil pengolahan Bernesse.

Nhut-Thanh Tran, et. al. [7], membahas tentang penentuan posisi metode RTK dengan modul GPS murah menggunakan data koreksi dari *base station* yang dibangun sendiri melalui koneksi Wi-Fi. Perangkat *rover* dan *base station* menggunakan laptop sebagai pengolah data pengamatan GPS.

Berdasarkan dari kajian literatur yang telah disebutkan, metode RTK digunakan untuk penentuan posisi teliti dengan memanfaatkan data koreksi dari *base station*. Metode RTK yang awalnya dilakukan dengan menggunakan *receiver* GNSS tipe geodetik dapat digantikan dengan modul *receiver* GNSS murah. Hal ini ditunjukkan sejak penemuan *software* RTKLIB yang bersifat *open-source*. Pada skripsi ini, penulis mengangkat judul Optimasi Akurasi Penentuan posisi dengan metode *Real Time Kinematic* menggunakan modul *receiver* GNSS umum dan *base station* yang dibangun sendiri, dengan komunikasi radio antara *base station* dan *rover*.

2.2 Global Navigation Satellite System (GNSS)

2.2.1 Definisi GNSS

Sistem satelit navigasi merupakan sistem yang berfungsi untuk menentukan lokasi atau posisi di bumi dengan menggunakan satelit. Pada sistem ini segmen satelit akan mengirimkan data berupa posisi berupa koordinat bujur, lintang, ketinggian serta sinyal waktu menuju bagian penerima di bumi. Sehingga pengguna akan mengetahui koordinat posisi serta waktu yang presisi. Penentuan posisi dengan menggunakan sistem satelit navigasi dapat dilakukan dengan cara pengukuran jarak dari satelit ke penerima. Besarnya jarak diperoleh dari waktu tempuh sinyal gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh satelit menuju alat penerima yang berada di bumi, kemudian dikalikan dengan konstanta cepat rambat gelombang elektromagnetik di dalam ruang hampa [8].

Global Navigation Satellite System (GNSS) merupakan teknologi yang mencakup sistem satelit navigasi global secara keseluruhan yang sudah beroperasi ataupun yang sedang dalam perencanaan. Sistem satelit navigasi GNSS memiliki wilayah cakupan global atau seluruh dunia. Pada saat ini GNSS memiliki empat teknologi satelit utama, yaitu sistem GPS milik Amerika Serikat, sistem GLONASS milik Rusia, sistem Galileo milik Uni-Eropa, dan sistem COMPASS/*Beidou* milik China.

Empat jenis teknologi tersebut memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lain. Teknologi satelit utama yang sudah mampu beroperasi penuh secara stabil dan global yaitu teknologi GPS, sedangkan tiga lainnya masih dalam tahap perbaikan dan pengembangan kualitas sehingga sistem GNSS akan lebih jelas dan lebih baik lagi.

Patokan teknologi GNSS untuk dapat dikatakan berkualitas adalah berdasarkan hal akurasi dan berapa banyak waktu yang dapat digunakan untuk aplikasi tersebut. Parameter kinerja GNSS oleh *US Federal Radio navigation Plan* pada tahun 2008 berdasarkan ajuan dari Komunitas Penerbangan Internasional adalah sebagai berikut.

- a. Akurasi, yaitu ketepatan dalam pengukuran posisi dan waktu.
- b. Ketersediaan, yaitu persentase waktu pelayanan sistem yang dimanfaatkan oleh pengguna.
- c. Kontinuitas, yaitu kemampuan sistem secara keseluruhan untuk menjalankan perintah tanpa adanya gangguan selama masa operasional.

- d. Integritas, yaitu ukuran kepercayaan atas kebenaran informasi yang diberikan sistem navigasi.

Semua parameter kinerja tersebut mesti dipenuhi oleh penyedia sistem GNSS, bahkan prinsip ini digunakan sebagai landasan untuk mendesain dan mengembangkan teknologi satelit navigasi [9].

Teknologi GNSS mempunyai beragam konfigurasi sinyal pelayan yang dapat digunakan langsung oleh pengguna. Adapun konfigurasi metode pelayanan yang dapat digunakan oleh pengguna sistem GNSS, yaitu sebagai berikut.

- a. *Stand-Alone Satellite Navigation*

Merupakan metode yang paling dasar dan paling umum yang sering digunakan pada pengguna GNSS. Contohnya yaitu aplikasi yang dapat membantu menemukan alamat pada kendaraan.

- b. *Differential GNSS (DGNSS) Navigation*

Merupakan metode peningkatan akurasi dari penggunaan *stand-alone*. Contohnya yaitu terdapat pada aplikasi pekerjaan survei, seperti deformasi dan penurunan permukaan tanah.

- c. *GNSS Indoor Navigation*

Merupakan teknologi GNSS yang dapat digunakan di dalam ruangan. Namun, sistem teknologi ini masih berada di dalam tahap pengembangan.

d. *Location Based Services*

Location Based Services berfungsi untuk menghubungkan posisi pengguna dengan lingkungan sekitarnya, Perlu diketahui juga sistem ini tidak digunakan untuk menentukan posisi, contohnya yaitu pengguna yang mencari lokasi rumah makan yang berada di dekat posisinya melalui sistem GNSS yang telah terpasang di *smartphone* pengguna tersebut.

2.2.2 Sinyal GNSS

Sinyal-sinyal pada GNSS pada dasarnya digerakkan oleh jam atomic (oleh atom cesium) dengan frekuensi 10.23MHz. Pada GNSS terdapat gelombang *carrier* yang digunakan untuk membawa kode-kode sinyal GNSS dari angkasa. Ada dua jenis gelombang *carrier* yang digunakan yaitu gelombang L1 dibuat dengan mengalikan frekuensi itu dengan 154 (1575.42 MHz, $\lambda = 19$ cm) dan gelombang L2 dibuat dengan mengalikan frekuensi itu dengan 120 (1227.6 MHz, $\lambda = 24.4$ cm). Frekuensi gelombang L2 digunakan untuk *self-calibration* dari *delay* sinyal akibat ionosfer.

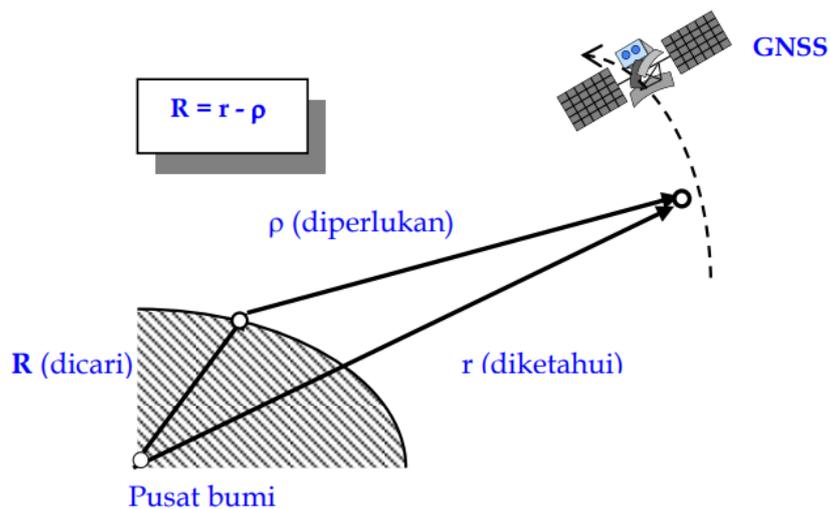
Informasi yang ada di sinyal GNSS dikodekan dalam bentuk bit binari dan dimodulasikan ke sinyal *carrier*. Ada tiga kode yang terdapat pada sinyal informasi itu, yaitu kode C/A (C/A = *Coarse Acquisition* atau *Clear Acces*), kode P(Y) (P = *Precise* atau *Private*), dan pesan Navigasi. Gelombang L1 digunakan untuk membawa kode C/A (dan kode P(Y))

beserta pesan navigasi, sedangkan gelombang L2 digunakan untuk membawa kode P(Y) dan pesan navigasi.

Kode C/A dan kode P(Y) sering disebut juga sebagai kode *pseudo-random noise* (PRN) karena terdiri dari rangkaian bit binari yang tampak acak, namun sebenarnya kedua kode itu dihasilkan menggunakan algoritma matematika tertentu. Kode C/A didasarkan pada urutan register umpan balik linier 10 stage, yang panjang urutannya adalah $L(10) = 2^{10} - 1 = 1023$ bit. Transisi C/A terjadi pada 1,023 Mhz. Perhatikan bahwa frekuensi dasar dalam satelit adalah 10,23 Mhz, jadi ini mewakili satu transisi setiap 10 siklus. Pada laju transisi bit ini, urutan penuh 1023 bit ditransmisikan dalam 1 ms. Oleh karena itu, urutannya diulang 1000 kali per detik. Panjang chip (jarak antara transisi bit) adalah 293 m sehingga urutan ini diulang setiap 300 km. Pesan navigasi mencakup informasi tentang siaran ephemeris (parameter orbit satelit), koreksi jam satelit, informasi ionosfer, serta status kesehatan dan informasi konstalasi satelit.

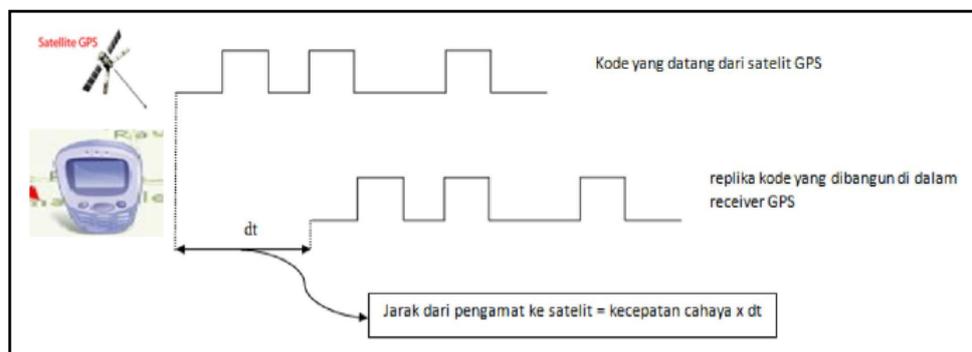
2.2.3 Prinsip Dasar Penentuan Posisi dengan GNSS

Konsep dasar untuk menentukan posisi dengan GNSS adalah dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GNSS yang koordinatnya telah diketahui. Prinsip dasar penentuan posisi dengan GNSS menggunakan pendekatan vektor ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Prinsip Dasar Penentuan Posisi dengan GNSS Menggunakan Pendekatan Vektor [10]

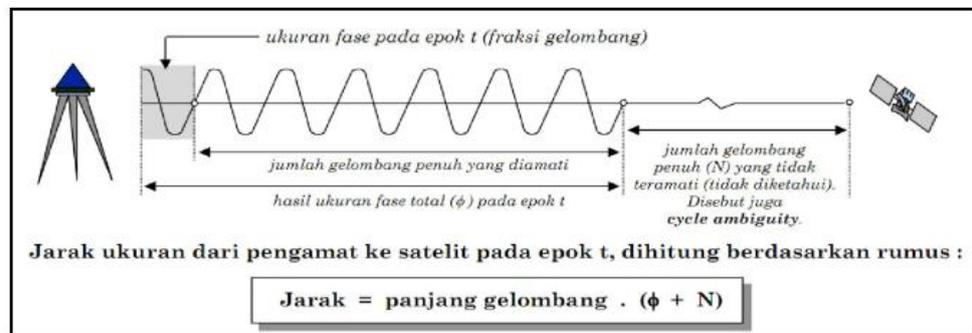
Berdasarkan penjelasan pada subbab sebelumnya mengenai sinyal-sinyal GNSS, pengukuran jarak menggunakan GNSS dilakukan dengan membandingkan sinyal dalam bentuk kode (kode C/A dan kode P(Y)) yang diterima dari satelit GNSS dengan kode hasil replika yang dihasilkan di dalam *receiver* GNSS.



Gambar 2.2 Prinsip penentuan jarak dengan kode [10]

Gelombang *carrier* pada GNSS selain digunakan untuk membawa data kode C/A, kode P(Y) dan pesan navigasi dari satelit juga dapat digunakan untuk mengukur jarak dari satelit ke *receiver* GNSS pengamat, dengan menggunakan data fasenya. Hasil yang diperoleh bahkan lebih teliti

dibandingkan dengan menggunakan kode *pseudorange*. Hasil pengukuran jarak antara satelit ke pengamat menggunakan data fase bukan jarak yang absolut, melainkan jarak yang sifatnya ambigu. Sehingga terdapat parameter baru yang harus ditentukan, yaitu ambiguitas fase.



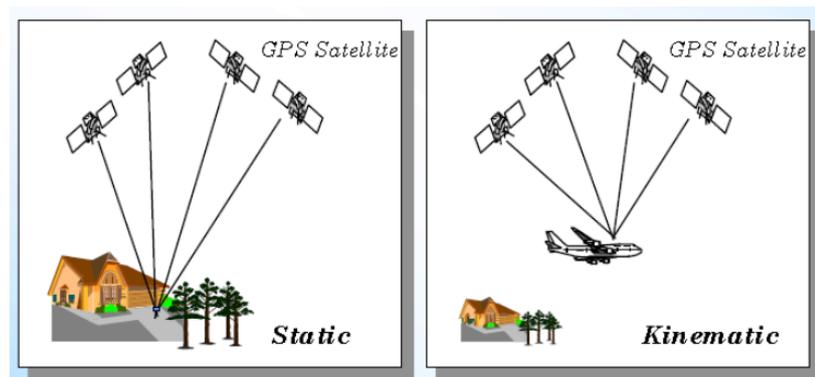
Gambar 2.3 Prinsip penentuan jarak dengan fase gelombang *carrier* [10]

Adapun prinsip dasar penentuan posisi dengan GNSS secara umum dibedakan menjadi dua metode yaitu metode pengamatan absolut dan metode pengamatan diferensial.

2.2.3.1 Metode Pengamatan Absolut

Metode pengamatan absolut disebut juga sebagai *point positioning* dikarenakan penentuan posisi dapat dilakukan per titik dan tidak perlu bergantung pada titik lainnya berdasarkan sistem referensi datum WGS-84 terhadap pusat masa bumi, dengan menggunakan satu alat *receiver* GNSS. Pada dasarnya proses pengukuran jarak terhadap beberapa satelit dilakukan secara simultan, titik yang akan ditentukan posisinya berada dalam keadaan diam atau bergerak, serta dilakukan pengamatan data *pseudorange*. Pengamatan data *fase* dapat digunakan apabila sebelumnya telah menentukan

inisialisasi ambiguitas fase atau telah diestimasi bersamaan dengan nilai posisinya, proses ini disebut juga sebagai *Precise Point Positioning* (PPP) dengan menggunakan data fase dalam pengamatan statik. Adapun metode pengamatan absolut dibedakan menjadi dua jenis yaitu metode statis dan kinematik. Metode tersebut dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2.4.



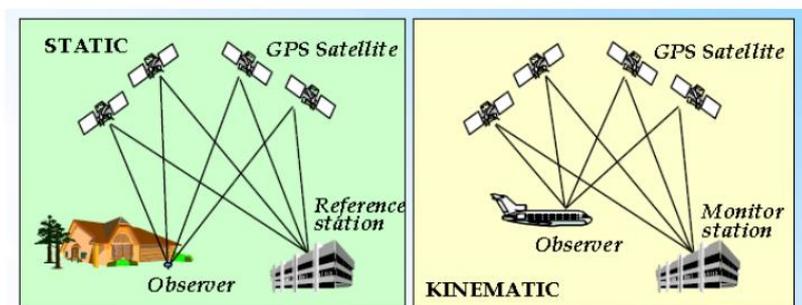
Gambar 2.4 Metode Pengamatan Absolut Statik dan Kinematik [10]

Metode pengamatan absolut statis adalah metode pengamatan menggunakan *receiver* GNSS yang tidak bergerak selama pengamatan. Sedangkan metode pengamatan absolut kinematik adalah metode pengamatan menggunakan *receiver* GNSS yang bergerak selama pengamatan, metode ini dipakai pada navigasi kendaraan baik itu yang berawak maupun yang tak berawak.

2.2.3.2 Metode Pengamatan Diferensial

Pada metode ini dibutuhkan setidaknya dua buah alat *receiver* GNSS *geodetic* yaitu *base station* dan *rover*. *Base station* akan

diletakkan pada titik yang telah diketahui koordinatnya (titik referensi), dan *rover* diletakkan pada suatu posisi yang akan ditentukan dari jarak relatif terhadap titik referensi tersebut. Metode pengamatan diferensial dapat dikatakan juga sebagai *relative positioning*, karena akurasi yang diperoleh adalah relatif terhadap akurasi dari pemosisian titik referensi. Pada dasarnya metode ini melakukan proses diferensial untuk melakukan eliminasi dan reduksi terhadap beberapa kesalahan dan bias, sehingga data posisi yang dihasilkan akan lebih akurat. Efektifitas dari metode diferensial bergantung pada jarak antara titik referensi dan titik yang akan ditentukan posisinya atau panjang *baseline*, semakin dekat jaraknya maka akan lebih efektif. Titik yang akan ditentukan dapat berada dalam keadaan diam atau bergerak. Adapun metode pengamatan diferensial dapat diilustrasikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Metode Pengamatan Diferensial [10]

Metode pengamatan diferensial statis adalah metode pengamatan menggunakan *rover* yang tidak bergerak selama pengamatan. Sedangkan metode pengamatan absolut kinematik adalah metode

pengamatan menggunakan *rover* yang bergerak selama pengamatan.

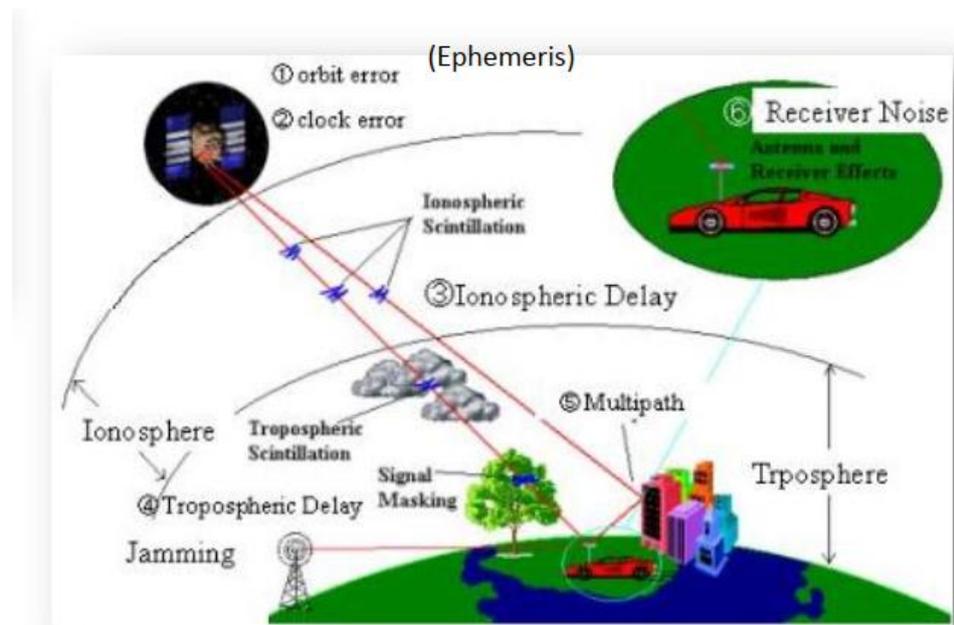
2.2.4 Kesalahan dan Bias Pengamatan

Kesalahan dan bias merupakan gangguan yang memengaruhi pada proses pengiriman sinyal GNSS dari satelit menuju antena di permukaan bumi. Secara umum kesalahan pengamatan dapat dibedakan menjadi kesalahan orbit (*ephemeris*), jam satelit, antena, *selective availability* (SA), medium propagasi seperti bias ionosfer dan troposfer, kesalahan pada jam *receiver* GNSS, kesalahan data pengamatan berupa ambiguitas fase dan *cycle slips*, serta kesalahan lingkungan di sekitar *receiver* GNSS berupa *multipath* dan *imaging*.

Kesalahan jam *receiver* merupakan tidak sinkronnya jam *receiver* terhadap waktu GNSS. Derau pada antena *receiver* GNSS adalah bagian dari suatu radiasi berupa informasi yang tidak dapat dimengerti dan tidak diinginkan oleh penerima di bumi. Ambiguitas fase merupakan jumlah gelombang penuh antara satelit dan *receiver* yang tidak diketahui. *Cycle slips* fenomena perubahan nilai ambiguitas fase yang disebabkan oleh putusya sinyal dari satelit ke penerima.

Bias troposfer adalah bias yang dapat memperlambat *carrier phase* dan *code*. Hambatan tersebut bergantung pada suhu, kelembaban, serta tekanan lokasi pengamatan. Sedangkan pada bias ionosfer dapat mempercepat *carrier phase* tetapi memperlambat *code*. *Multipath* merupakan fenomena

dimana satu atau lebih sinyal yang telah dipantulkan oleh objek di permukaan bumi, mencapai antenna sebagai tambahan sinyal sehingga terjadi interferensi antara sinyal langsung dari satelit dan sinyal pantul tersebut. Sedangkan *imaging* fenomena yang diakibatkan suatu benda konduktif yang berada dekat dengan *receiver* GNSS. Kesalahan dan bias pengamatan ini dapat diilustrasikan pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Ilustrasi kesalahan dan bias pengamatan pada GNSS

2.3 Benchmark (BM)

Suatu sistem koordinat dapat direalisasikan ke bentuk fisik dengan dibuatnya kumpulan tugu atau monumen yang dikenal dengan nama *Benchmark*. *Benchmark* ini tersebar di dalam daerah tertentu yang disesuaikan dengan kebutuhan dan dibuat tetap atau tidak dapat di ubah keberadaannya. *Benchmark* (BM) merupakan sebuah titik acuan atau titik ikat yang memiliki nilai koordinat yang *fixed* (memiliki nilai yang dapat dipercaya) dalam suatu

pengukuran oleh karena itu benchmark sangat berpengaruh terhadap setiap pengukuran maupun dalam bidang survei lainnya. Kumpulan *benchmark* ini dikenal di negara kita dengan istilah Jaringan titik Kerangka Dasar Nasional (horizontal) yang terdiri dari titik orde 0, orde 1 (yang dikelola oleh Bakosurtanal), titik orde 2, 3, dan 4 (yang dikelola oleh Badan Pertanahan Nasional - BPN). Karena titik *benchmark* ini sifatnya harus tetap dan terjaga keberadaannya, maka titik-titik *benchmark* ini harus ditempatkan di lokasi yang mudah dijangkau serta aman sehingga dapat dimanfaatkan dari waktu ke waktu untuk pengukuran selanjutnya.



Gambar 2.7 *Benchmark*

2.4 Modul *receiver* GNSS U-Blox M8 Series

Global Navigation Satellite System (GNSS) merupakan sistem yang berfungsi untuk menentukan letak dipermukaan bumi dengan bantuan dari penyelarasan sistem satelit. Modul GNSS *receiver* U-Blox M8 series merupakan modul *receiver* GNSS yang digunakan untuk sistem *homingback*. Modul GNSS merupakan seri *standalone* GNSS *receiver* yang memiliki performa tinggi sebagai teknologi penentu posisi. Modul ini memiliki bentuk arsitektur, *power*, serta memori yang optimal. Modul ini didukung dengan sistem GNSS U-Blox M8 (GPS, GLONASS, BeiDou, QZSS, SBAS, dan Galileo-ready1). Modul GNSS ini memiliki sensitivitas tinggi dan memiliki tingkat ketahanan serta kemampuan integrasi yang tinggi. Modul GNSS U-Blox M8 series sudah menggunakan *chip* GNSS sesuai dengan syarat AEC-Q100 dan telah bersertifikasi ISO / TS 16949 [12].



Gambar 2.8 *Chip receiver* GNSS M8-series [12]

Tabel 2.1 Spesifikasi *chip receiver* GNSS M8-series

No	Fitur	Keterangan
	GNSS System	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, SBAS
	Akurasi	2 m CEP
	Frekuensi	L1
	Jumlah <i>channel</i>	72
	Nav <i>update rate</i>	up to 18Hz
	Raw data	<i>Pseudorange, Carrier Phase, Doppler</i> (TRK-MEAS)
	Protokol Data	NMEA, UBX Binary, RTCM

2.5 Radio Telemetry 433 MHz

Telemetri merupakan suatu proses pengukuran objek berupa ruang, benda, alam ataupun parameter lainnya, dan ketika didapatkan hasil yang sesuai kebutuhan maka akan langsung dikirimkan ke suatu tempat dengan jarak tertentu baik menggunakan media kabel maupun nirkabel dengan menggunakan metode pengiriman data. Sistem telemetri memanfaatkan sarana telekomunikasi dan sistem komputer untuk melakukan pengaturan pengaksesan data serta beberapa zona penyelidikan. Pada sistem telemetri, seluruh informasi data akan diubah ke dalam bentuk informasi listrik dan diolah secara digital. Semua transduser, sensor, detektor pada sistem telemetri harus memiliki keluaran yang berbentuk besaran elektrik berupa arus atau tegangan listrik.



Gambar 2.9 Modul *telemetry* 433 MHz

Frekuensi 433 MHz merupakan jenis frekuensi yang termasuk di dalam spesifikasi kanal *Industrial, Scientific, and Medical* (ISM) yang digunakan

untuk aplikasi lokal dalam dunia industri, pengujian ilmu pengetahuan, dan aplikasi kedokteran [13]. *Radio telemetry* 433 MHz merupakan salah satu modul telemetri yang ideal untuk digunakan sebagai pengatur koneksi jarak jauh. *Radio telemetry* 433 MHz memiliki kelebihan, yaitu frekuensi tersebut tidak sensitif terhadap fenomena refleksi, seperti pada hambatan dindingm struktur logam, dan air. *Radio telemetry* 433 MHz menggunakan antena yang memiliki ukuran yang cukup kecil dengan atenuasi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan frekuensi lain.

2.6 Software RTKLIB

RTKLIB merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk pemosisian standar dan tepat menggunakan GNSS. RTKLIB terdiri dari program *portable library* dan beberapa program aplikasi [3]. Pada RTKLIB terdapat berbagai macam metode penentuan posisi menggunakan GNSS serta dapat digunakan sesuai kebutuhan berdasarkan pengamatan GNSS itu sendiri. Salah satu kelebihan yang dimiliki perangkat lunak ini yaitu RTKLIB dapat diunduh secara bebas tanpa syarat apapun karena termasuk jenis *open source software*. Pengolahan data pengamatan GNSS pada *software* ini dapat dilakukan secara *post-processing* ataupun secara *real time*. RTKLIB mendukung komunikasi data protokol serial I/O, TCP/IP dan NTRIP dan menggunakan berbagai format koreksi data termasuk RTCM 2.3, RTCM 3.1. *Software* ini dapat digunakan sebagai *platform* standar aplikasi GNSS RTK dan bersifat *open source* [4].

Terdapat dua cara untuk menjalankan RTKLIB yang pertama adalah melalui *Graphical user interface* (GUI) atau tampilan berbasis grafis, dan melalui *Command-line user interface* (CUI) atau tampilan berbasis teks.

Tabel 2.2 Daftar AP yang terdapat pada RTKLIB GUI dan CUI

No	Function	GUI AP	CUI AP
1	AP Launcher	RTK Launch	
2	Real-Time Positioning	RTKNAVI	RTKRCV
3	Communicaton Server	STRSVR	STR2STR
4	Post-Processing Analysis	RTKPOST	RNX2RTKP
5	RINEX Converter	RTKCONV	CONVBIN
6	Plot Solutions and Observation Data	RTKPLOT	-
7	Downloader for GNSS Products and Data	RTKGET	-
8	NTRIP Browser	SRCTBLBROWS	-

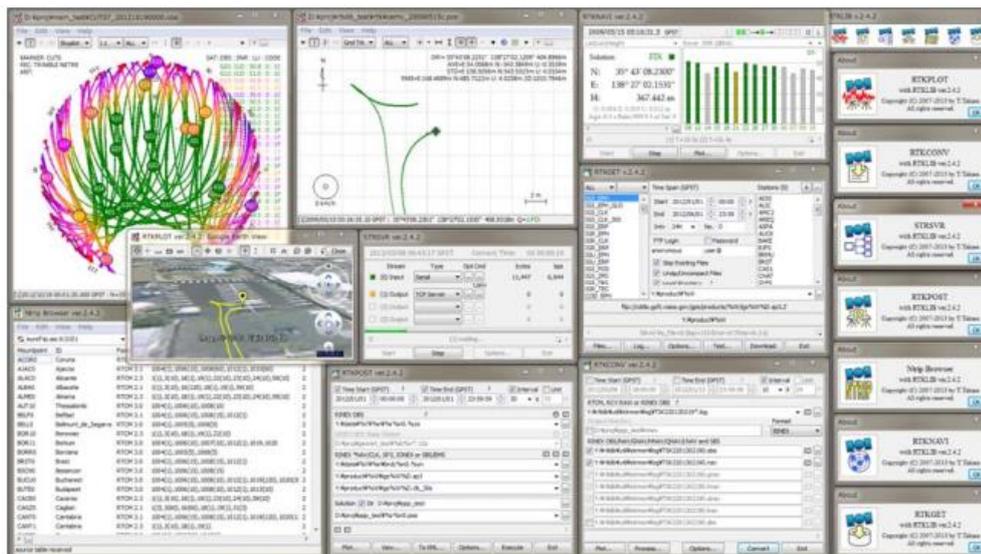
RTKLIB terdiri dari beberapa *application program* (AP) yang memiliki fungsi masing masing. Pada gambar 2.7 dapat dilihat jenis AP yang terdapat pada GUI dan pada CUI. RTKLIB GUI biasanya digunakan di komputer dengan sistem operasi windows, sedangkan RTKLIB CUI bisa digunakan di komputer windows dan komputer linux. Tampilan dari *software* RTKLIB CUI dan RTKLIB GUI dapat dilihat pada gambar 2.8 dan gambar 2.9.

```

rtkrcv> status
rtklib version           : 2.4.2
rtk server thread       : 1984775264
rtk server state        : run
processing cycle (ms)   : 10
positioning mode        : kinematic
frequencies             : L1
accumulated time to run : 00:10:01.5
cpu time for a cycle (ms) : 1
missing obs data count  : 1
bytes in input buffer   : 0,0
# of input data rover   : obs(1202),nav(12),gnav(0),lon(10),sbs(0),pos(0),dgps(0),err(0)
# of input data base    : obs(834),nav(0),gnav(0),lon(0),sbs(417),pos(0),dgps(0),err(0)
# of rtcn messages rover :
# of rtcn messages base :
solution status         : fix
time of receiver clock rover: 2016/12/23 08:09:00.500631660
time sys offset (glo-gps)(s): 0.000000000
solution interval (s)  : 0.500
age of differential (s) : 0.000
ratio for ar validation : 1.516
# of satellites rover   : 16
# of satellites base    : 17
# of valid satellites   : 9
GDOP/PPOP/HDOP/VDOP   : 2.2,1.9,1.1,1.5
# of real estimated states : 5
# of all estimated states : 114
pos xyz single (m) rover :
pos llh single (deg,m) rover :
vel emu (m/s) rover     :
pos xyz float (m) rover :
pos xyz float std (m) rover :
pos xyz fixed (m) rover :
pos xyz fixed std (m) rover :
pos xyz (m) base       :
pos llh (deg,m) base    :
vel emu (m/s) base     : 0.000,0.000,0.000
baseline length float (m) : 12.719
baseline length fixed (m) : 12.778
monitor port           : 24
rtkrcv>

```

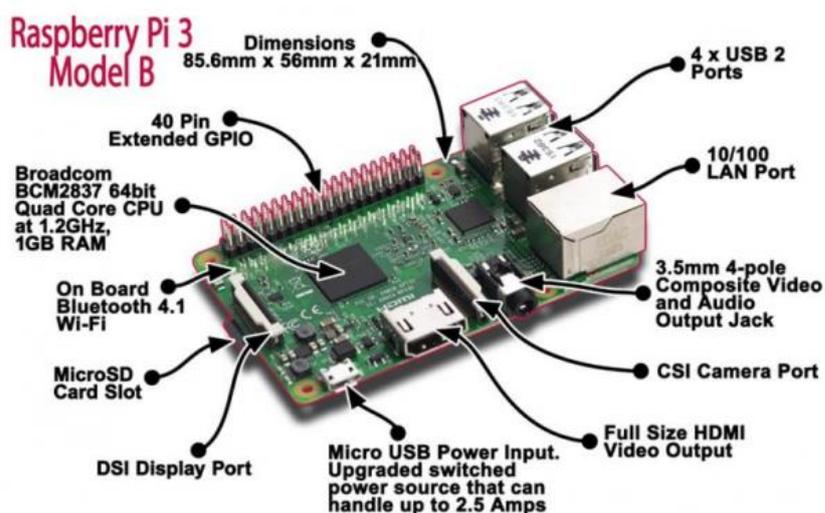
Gambar 2.10 Software RTKLIB yang dijalankan di Linux Ubuntu



Gambar 2.11 Software RTKLIB yang dijalankan di Windows 7 [3]

2.7 Raspberry Pi 3

Raspberry Pi merupakan *single board computer* yang memiliki *input – output port* seperti yang ada pada *board microcontroller*. Adapun kelebihan dari *Raspberry Pi* dibandingkan dengan *board microcontroller* lainnya yaitu memiliki *port* penghubung untuk *display* berupa monitor serta koneksi USB untuk *keyboard* dan *mouse*. *Raspberry Pi* merupakan komputer berukuran kecil dan dapat digunakan seperti sebuah *Personal Computer (PC)*. *Raspberry Pi* menggunakan jenis *system on a chip (SoC)*, dimana *Central Processing Unit (CPU)*, *Graphics Processing Unit (GPU)*, dan memori berada di dalam satu kesatuan *Integrated Circuit (IC)*. Pada penelitian ini jenis *Raspberry Pi* yang digunakan adalah *Raspberry Pi 3* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Raspberry Pi 3 [14]

Pada *Raspberry Pi* diperlukan sistem operasi yang dijalankan melalui *SD Card*. Sistem operasi yang bisa dijalankan di *Raspberry Pi* antara lain yaitu *Arch Linux ARM*, *Debian GNU/Linux*, *FreeBSD*, *NetBSD*, *Plan 9*, *Inferno*, *Raspbian OS*, dan *Slackware Linux*. *Raspberry Pi board* memiliki *input* dan *output* seperti yang ditunjukkan Tabel 2.3.

Tabel 2.3 *Input dan Output pada Raspberry Pi board*

Keterangan	Fungsi
HDMI	Menghubungkan ke monitor atau TV digital
<i>Video analog (RCA port)</i>	Menghubungkan ke monitor yang tidak memiliki HDMI
<i>Audio output</i>	Keluaran ke <i>speaker</i> atau <i>headset</i>
<i>Port USB</i>	Menghubungkan ke perangkat USB seperti <i>keyboard</i> , <i>mouse</i> , dll.
<i>Micro USB</i>	Menghubungkan ke <i>power supply</i> atau catu daya
<i>Pin I/O digital</i>	Menghubungkan ke berbagai sensor
<i>Camera Serial Interface (CSI) port</i>	Menghubungkan ke modul kamera
<i>Display Serial Interface (DSI)</i>	Menghubungkan ke modul LCD
<i>LAN port (network)</i>	Menghubungkan ke kabel LAN
<i>SD Card slot</i>	Menghubungkan ke memori penyimpanan

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada:

Waktu : Juli 2018 – April 2019

Tempat : Laboratorium Teknik Digital, Laboratorium Terpadu Teknik
Elektro, Universitas Lampung

3.2 Alat dan Bahan

Perangkat yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.1:

Tabel 3.1 Alat dan Bahan

No.	Alat dan Bahan	Jumlah	Kegunaan
1	Modul GNSS U-Blox M8 Series	2 buah	Sebagai <i>hardware</i> pengolah sinyal GNSS
2	Active GNSS Antenna	2 buah	Sebagai perangkat penerima sinyal GNSS
3	Radio <i>telemetry</i> 433MHz	1 pasang	Sebagai perangkat komunikasi nirkabel antara <i>Base Station</i> dengan <i>Rover</i>
4	Raspberry Pi 3B	1 buah	Sebagai perangkat untuk menjalankan <i>software RTKLIB 2.4.3</i>
5	<i>Software RTKLIB v 2.4.3</i>		<i>Software</i> untuk pengolah data GNSS
6	Baterai Li-Ion 3S 3000 mAh	2 buah	Catu daya <i>Base Station</i> dan <i>Rover</i>

3.3 Metode Penelitian

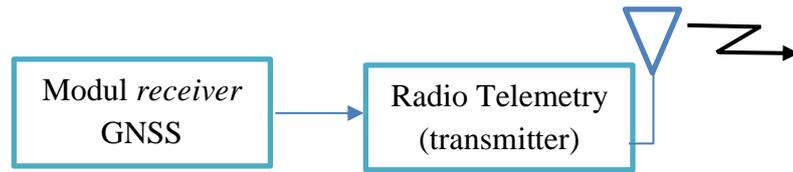
Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, metode penelitian yang digunakan memiliki 4 tahapan penelitian yaitu:

Tahap 1: Studi literatur

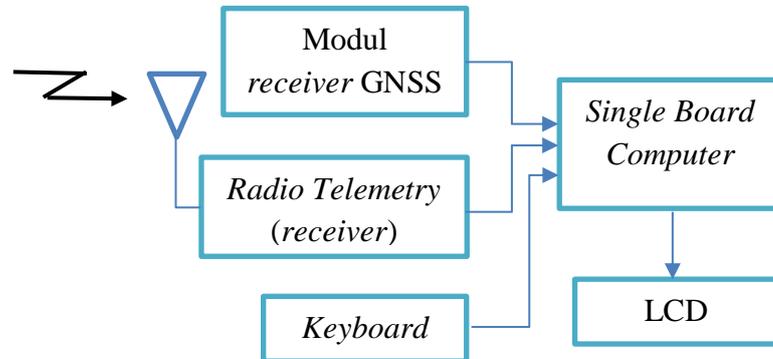
Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan referensi yang relevan dengan penentuan konsep dan pelaksanaan penelitian. Studi literatur dilakukan dengan mencari dan mempelajari referensi tentang cara kerja sistem GPS RTK secara umum, jenis mode RTK yang cocok digunakan, penggunaan *software* RTKLIB untuk solusi perbaikan data GNSS, dan cara pengukuran menggunakan GNSS RTK.

Tahap 2: Perancangan alat dan sistem

Setelah dilakukannya studi literatur, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah perancangan alat dan sistem. Pada tahap ini akan dikelompokkan menjadi 3 langkah yaitu penentuan komponen, perancangan *hardware* dan yang terakhir adalah pemilihan *software*. Sistem terdiri dari 2 bagian utama yaitu *base station* dan *rover*. *Base Station* sebagai pemberi koreksi dan posisinya tetap tidak bergerak, sedangkan *rover* posisinya dapat dipindah-pindah sesuai dengan *positioning* yang direncanakan. Gambar 3.1 dan 3.2 memperlihatkan diagram blok sistem dari *base station* dan *rover*.

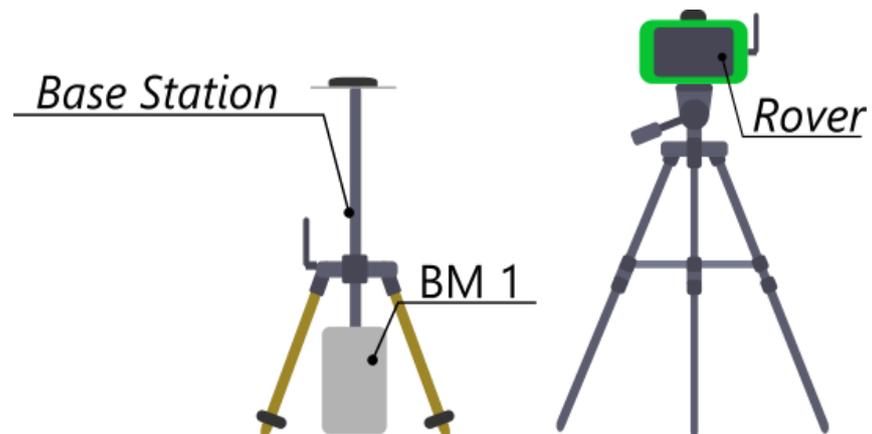


Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem pada *Base Station*



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem pada *Rover*

Base Station mengirimkan koreksi posisi ke *rover* melalui komunikasi radio menggunakan modul radio telemetri. Untuk melakukan koreksi posisi dibutuhkan mini komputer pada *base station* dan *rover*. Setelah membuat diagram blok sistem, dilanjutkan dengan merancang perangkat. Komponen yang diperlukan oleh *base station* dan *rover* tidak jauh berbeda, yaitu terdiri dari modul *receiver* GNSS dan mini komputer.



Gambar 3.3 Desain Perangkat Keras *Base Station* dan *Rover*

Desain *hardware* yang dirancang terdapat pada gambar 3.3 *Base station* maupun *rover* sama-sama ditempatkan pada *tripod* agar stabil saat diletakan. Dalam penelitian ini untuk dapat melakukan penentuan posisi yang teliti menggunakan GNSS diperlukan *software* RTKLIB CUI. Alasannya adalah pada sistem ini menggunakan *single board computer* dengan sistem operasi Raspbian (turunan Linux). Lebih lanjut untuk aplikasi *real-time positioning* pada penelitian ini, *application program* (AP) yang digunakan adalah RTKRCV. Pengaturan yang dilakukan untuk *positioning* adalah menggunakan *file* berekstensi *.conf yang dinamakan *Configuration file*. *File* ini berbasis teks dan dapat diedit menggunakan aplikasi *text-editor* manapun.

Tabel 3.2 Isi *Configuration File* yang digunakan RTKRCV

pos1- posmode	= kinematic	#(0:single,1:dgps,2:kinematic,3:static,4: static-start,5:movingbase,6:fixed,7:ppp- kine,8:ppp-static,9:ppp-fixed)
pos1- frequency	= 0	# (1:11,2:11+12,3:11+12+15,4:11+15)
pos1- soltype	= forward	# (0:forward,1:backward,2:combined)
pos1- elmask	=15	# (deg)
pos1- snrmask_r	= off	# (0:off,1:on)
pos1- snrmask_b	= off	# (0:off,1:on)
pos1- snrmask_L 1	= 38,38,38,38, 38,38,38,38	
pos1- dynamics	= on	# (0:off,1:on)
pos1- tidecorr	= off	# (0:off,1:on,2:otl)

Pada tabel 3.2 diatas ditunjukkan tampilan dari sebagian parameter-parameter yang terdapat pada *configuration file*. Parameter-parameter

tersebut digolongkan menjadi 4 bagian, yaitu *configuration positioning*, *configuration input*, *configuration output*, dan *configuration log stream*. Dijelaskan lebih lanjut *configuration positioning* terdiri dari *setting1* (-pos1), *setting2* (-pos2), *output* (-out), *stats* (-stats), *position* (-ant1 dan -ant2), *files* (-files), dan *misc* (-misc). Lalu *configuration input*, *output*, dan *log stream* terdiri dari parameter *type*, *path*, dan *format*.

Tahap 3: Pengujian alat dan sistem

Pengujian alat dan sistem dilakukan dengan cara mengukur koordinat posisi diatas *benchmark* (BM) yang koordinatnya telah diketahui menggunakan *receiver* GNSS mandiri (*stand-alone*). Hasil pengukuran dari sistem kemudian dibandingkan untuk diperoleh nilai ketelitian.

Tahap 4: Pengumpulan data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan dua cara yaitu pengumpulan data secara statik dan secara kinematik. Pengumpulan data secara statik dilakukan dengan mengukur koordinat posisi BM yang telah diketahui menggunakan *receiver* GNSS mandiri (tanpa koreksi dari *base station*) dan menggunakan *receiver* GNSS RTK. Hasil pengumpulan data secara statik antara lain berupa nilai RMSD dan 2DRMS. Nilai RMSD atau nilai *Root Mean Square Deviation* (disimbolkan dengan σ), merupakan nilai kuadrat rata-rata perbedaan antara nilai yang terukur atau disetiasi oleh sistem dengan nilai yang diamati (dalam penelitian

ini adalah nilai koordinat BM1). Nilai RMSD terdiri dari σ_E untuk *longitude* dan σ_N untuk *latitude* Persamaan untuk menentukan nilai RMSD terdapat pada persamaan 3.1,

$$\sigma_{N,E} = \sqrt{\frac{\sum (X-X_0)^2}{n}} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

X adalah nilai yang terukur

X_0 adalah nilai yang telah diketahui

n adalah jumlah data yang diuji

Twice of Root Mean Square (2DRMS) adalah nilai yang menunjukkan akurasi data yang mengacu pada jari-jari lingkaran di mana 95% dari nilai terjadi (nilai yang terukur atau disetimasi oleh sistem). Persamaan untuk menentukan nilai 2DRMS terdapat pada (3.2).

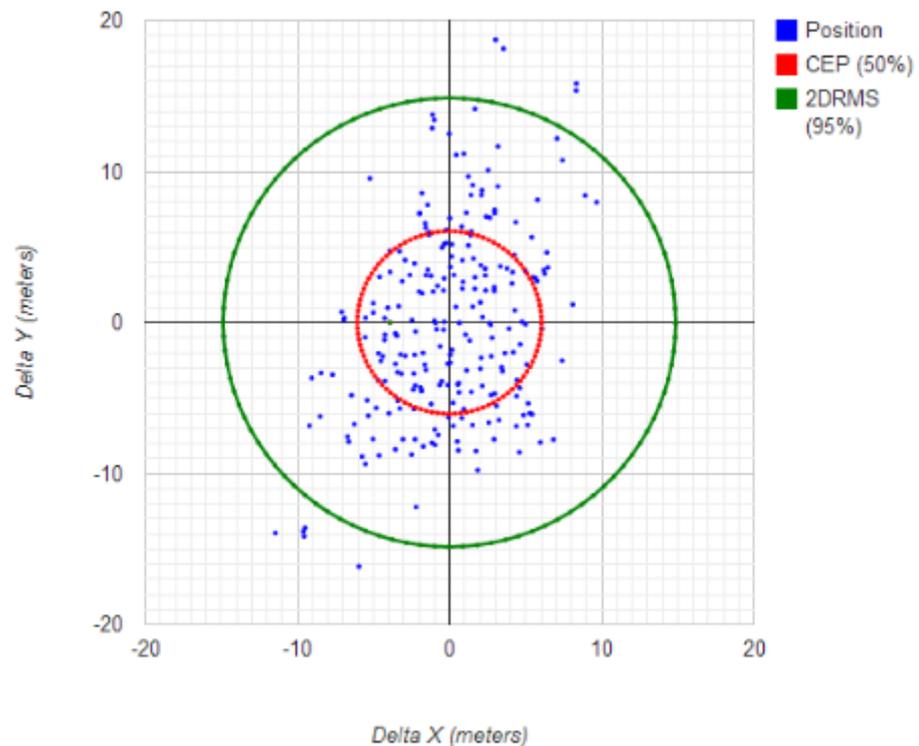
$$2DRMS = 2\sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_N^2} \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

σ_E adalah nilai RMS *longitude*

σ_N adalah nilai RMS *latitude*.

Pengukuran akurasi posisi terhadap data yang terukur dapat diilustrasikan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 scatter plot pada hasil pengukuran posisi

Selama pengambilan data dilakukan, kualitas penerimaan sinyal dari modul *receiver* GNSS sangat penting untuk diperhatikan. Salah satu indikatornya adalah dilihat dari jumlah satelit yang dapat terukur oleh modul *receiver* GNSS. Karena jumlah satelit tersebut tidak tetap tiap waktunya, maka digunakan jumlah rata-rata satelit yang terukur, atau disimbolkan dengan \bar{X}_{Sat} . Data yang telah dikumpulkan akan dimuat pada tabel 4.1. Pengumpulan data secara kinematik dilakukan dengan membawa *rover* bergerak mengelilingi taman dengan melintasi 4 buah *waypoint* yang koordinatnya telah diketahui sebanyak 1 putaran, mulai dari *waypoint* 1 hingga *waypoint* 4. Nilai koordinat yang terukur oleh sistem *receiver* GNSS RTK dan nilai RMSD nya terhadap koordinat *waypoint* dimuat pada tabel 4.2

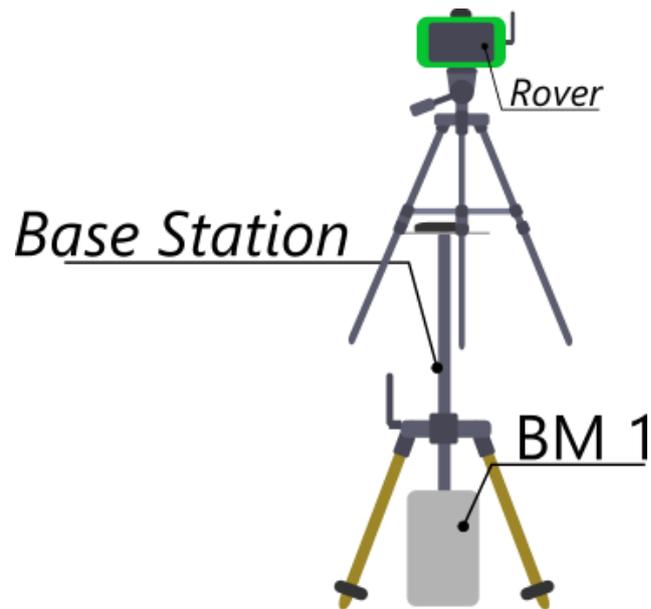
Berikut ini adalah rencana pengumpulan data yang akan dilakukan.

- a. Pengumpulan data yang pertama dengan cara *single static*. Menggunakan *rover* yang merupakan *receiver* GNSS mandiri (tanpa koreksi dari *base station*) untuk mengukur koordinat BM1 yang koordinatnya telah diketahui dengan menempatkannya secara tidak bergerak dengan durasi 10 detik. Kemudian hasil pengukuran yang diperoleh dibandingkan dengan nilai koordinat BM1 yang *fixed*.



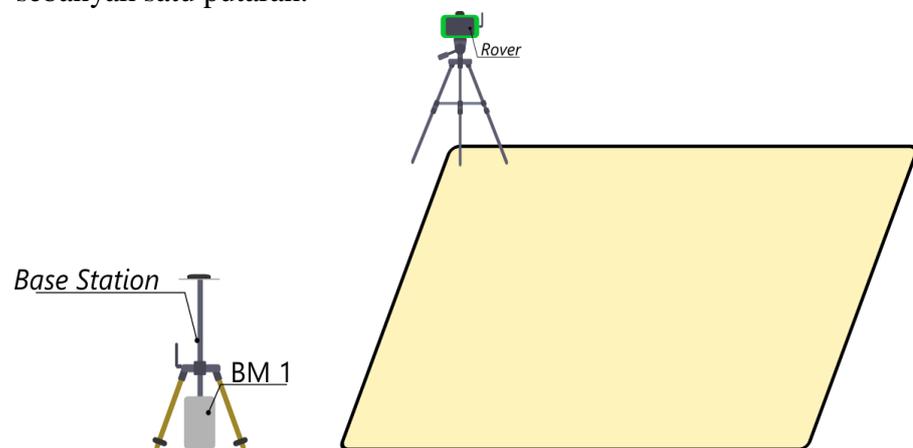
Gambar 3.5 Ilustrasi Pengukuran Koodinat Posisi BM dengan *Receiver* GNSS Mandiri

- b. Pengumpulan data yang kedua adalah dengan cara *real time static* yaitu dengan menempatkan *base station* diatas BM1 sebagai titik acuan, kemudian *rover* dibawa ke atas *base station* untuk mengukur koordinat BM1 tersebut. *Rover* diusahakan tidak bergerak dengan durasi yang sama dengan saat pengukuran *single static*.



Gambar 3.6 Ilustrasi Pengukuran Koordinat Posisi BM1 dengan Sistem *Receiver* GNSS RTK

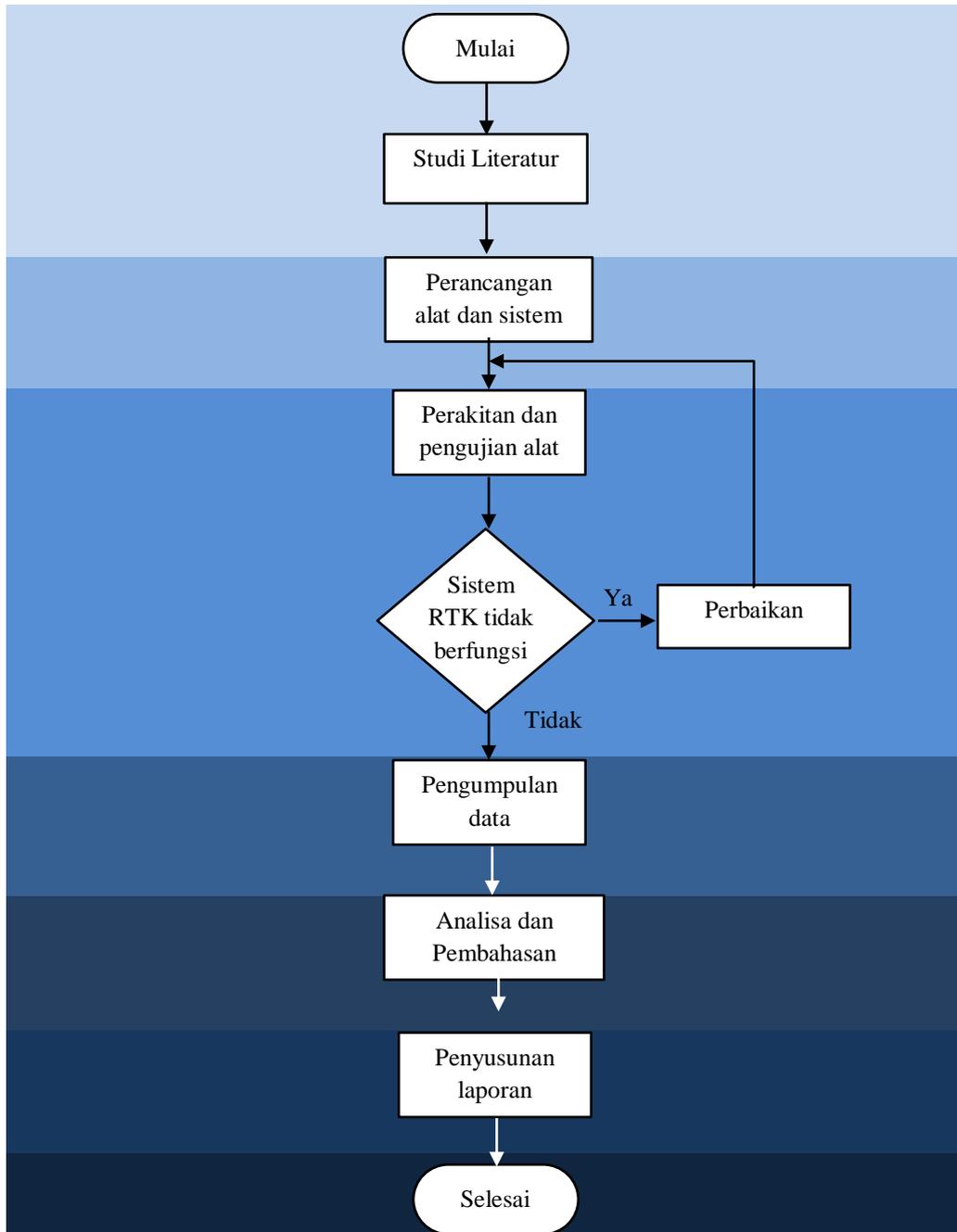
- c. Pengukuran yang ketiga dilakukan dengan cara *real time kinematic*. Mengukur 4 titik koordinat bagian pinggir taman tempat BM berada secara kontinyu dengan membawa *rover* bergerak mengelilinginya sebanyak satu putaran.



Gambar 3.7 Ilustrasi Pengukuran 4 *Waypoint* yang Terdapat di Bagian Pinggir Taman

3.4 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan mulai dari merancang sistem, realisasi alat, pengumpulan data, hingga menyusun laporan. Tahapan ini digambarkan kedalam diagram alir gambar 3.8:



Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Metode RTK yang diterapkan dapat meningkatkan akurasi pengukuran posisi.
2. Sistem *receiver* GNSS RTK yang dirancang telah berhasil direalisasikan dengan kemampuan rata-rata akurasi pada pengukuran statik adalah 11.54 cm, pada pengukuran kinematik diperoleh akurasi 22.48 cm pada *waypoint* 1, 4.8 cm pada *waypoint* 2, 27.40 cm pada *waypoint* 3, dan 27.79 cm pada *waypoint* 4.

5.2 Saran

1. Sebaiknya dilakukan pengujian pengaruh *telemetry* terhadap akurasi yang terukur, seperti kondisi LOS dan NLOS atau jarak *baseline* yang bervariasi.
2. Sebaiknya dilakukan pemilihan nilai parameter yang sesuai dengan kondisi pengukuran yang dilakukan untuk mendapatkan *time to first FIX* yang lebih cepat dan untuk menghindari kondisi *false FIX*. Parameter tersebut diantaranya pada **pos1-posmode, pos2-varholdamb, pos2-arthres1, pos2-minholdsats, pos2-arminfix, pos2-aroutcnt**

3. Waktu pengumpulan data saat menggunakan *receiver* GNSS mandiri dan *receiver* GNSS RTK seharusnya dilakukan bersamaan agar kondisi lingkungan dan cuaca tidak berbeda, serta menggunakan satu antena saja dengan menggunakan perangkat SMA *splitter* agar tidak ada *offset* antara posisi *receiver* GNSS mandiri dan *receiver* GNSS RTK.
4. Modul *receiver* GNSS yang digunakan sebaiknya adalah **U-blox M8T** karena perangkat ini didukung secara *official* untuk pengukuran *raw data*. Sehingga tidak perlu dilakukan pengaturan tambahan seperti saat menggunakan jenis **U-Blox M8N**.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mualif Marbawi, et al., “Analisis Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan Gns Rtk-Radio Dan Rtk-Ntrip Pada Stasiun Cors Undip,” *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 4, pp. 297-306, 2015.
- [2] T. Takasu dan A. Yasuda, “Development of the low-cost RTK-GPS receiver with an open source program,” dalam *International Symposium on GPS/GNSS*, International Convention Center Jeju, Korea, 2009.
- [3] *RTKLIB manual*: diperoleh dari www.rtklib.com/prog/manual_2.4.2.pdf
- [4] Dedi Atunggal, et al., “Studi Awal Penggunaan Modul GPS Murah untuk Pengukuran RTK NTRIP,” dalam *FIT ISI 2015*, Malang, 2015.
- [5] Jan Roháč dan Martin Šipoš, “Using Carrier-Phase Measurements of GPS Signals and RTK in Enhanced Positioning,” dalam *Mezinárodní Vědecká Konference „Měření, diagnostika, spolehlivost palubních soustav letadel“*, Brno, 2015.
- [6] Desvandri Gunawan, et al., “Analisis Pengolahan Data Gps Menggunakan Perangkat Lunak Rtklib,” *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 5, pp. 34-43, 2016.
- [7] Nhut-Thanh Tran, et al., “Evaluation of Real-Time Kinematic Positioning with Low-Cost, Single Frequency GPS/GLONASS Receivers,” dalam *Vietnam Conference on Control and Automation*, 2015.
- [8] J. Kahar dan P. Umaryono, *Geodesi*, Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2008.

- [9] ESA navipedia.net. "Principles of Compatibility among GNSS". September 2014. Alamat situs
http://navipedia.net/index.php/Principles_of_Compatibility_among_GNSS
. [Diakses pada 28 Mei 2018].
- [10] Abidin Z. Hasanuddin, *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*, Jakarta: Pradnya Paramita, 2007.
- [11] SNI. "Jaring Kontrol Nasional," Badan Informasi, Jakarta, 2002.
- [12] U-Blox, NEO/LEA-M8T Datasheet, 2016.
- [13] Telemetry Group RF Systems Committee, *Telemetry (Tm) Systems Radio Frequency (Rf) Handbook*, New Mexico: Secretariat Range Commanders Council U.S. Army White Sands Missile Range, 2008.
- [14] PT. Cilsy Fiolution Indonesia, *Tutorial Raspberry Pi 3*. Bandung: Cilsy Fiolution, 2018
- [15] T. TAKASU, "Evaluation of Multi-GNSS RTK performance with u-blox NEO-M8N receivers," Tokyo University of Marine Science and Technology, Tokyo, 2014.
- [16] Souliman, Sam. (2019, Maret 9). *Accuracy of Longitude and Latitude Measurements*. [Online]. Tersedia: <https://support.oxts.com/hc/en-us/articles/115002885125-Accuracy-of-Longitude-and-Latitude-Measurements>