

**PEMROSESAN SINYAL TERIMA SISTEM GPS BERGERAK
BERBASIS PC UNTUK APLIKASI *LAND MOBILE*
*SATELLITE***

***THE PROCESSING OF THE RECEIVER SIGNAL OF THE PC-
BASED MOVING GPS FOR THE APPLICATION OF THE
LAND MOBILE SATELLITE***

RAHMANIA



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

**PEMROSESAN SINYAL TERIMA SISTEM GPS BERGERAK BERBASIS
PC UNTUK APLIKASI *LAND MOBILE SATELLITE***

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh

RAHMANIA

Kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

TESIS

PEMROSESAN SINYAL TERIMA SISTEM GPS BERGERAK BERBASIS PC UNTUK APLIKASI LAND MOBILE SATELLITE

Disusun dan diajukan oleh

RAHMANIA
Nomor Pokok P2700210019

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 20 Agustus 2013
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat,



Dr. Ir. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng
Ketua



Dr. Elyas Palantei, ST., M.Eng
Anggota



Ketua Program Studi
Teknik Elektro

Prof. Dr. Ir. H. Salama Maniang, MT



Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin,

Prof. Dr. Ir. Mursalim

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : RAHMANIA
NIM : P2700210019
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Juli 2013

Yang memberi pernyataan

RAHMANIA
P2700210019

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Dengan mengucap puji dan syukur kepada Allah SWT, karena atas segala rahmat kasih dan karunia-Nya-lah penulis mampu menempuh dan menyelesaikan tesis ini dengan judul “Pemrosesan Sinyal Terima Sistem GPS Berbasis PC untuk Aplikasi *Land Mobile Satellite*”.

Penyusunan tesis ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program studi Teknik Elektro bidang Teknik Telekomunikasi dan Informasi, Program Pascasarjana, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Dalam proses penyusunan tesis ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Dr. Ir. Zulfajri B. Hasanuddin, M.Eng sebagai Ketua Komisi Penasehat yang telah meluangkan waktu dan kesempatan dalam memberikan ilmu, arahan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
2. Dr. Elyas Palantei, ST., M.Eng sebagai Anggota Komisi Penasehat yang telah meluangkan waktu dan kesempatan dalam memberikan ilmu, arahan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
3. Prof. Dr. Ir. H. Salama Manjang, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Program Pascasarjana, Universitas Hasanuddin Makassar.

4. Para dosen penguji yang rela meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan koreksi dan masukan bagi tesis penulis.
5. Para dosen dan karyawan Program Studi Teknik Elektro Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar yang telah membantu dalam penyelesaian studi penulis.
6. Kedua orangtua yang sangat saya cintai dan hormati, Drs Djabbar Faisal dan Sumiah, yang telah memberikan kasih sayang, dukungan dan doa sepenuh hati serta bantuan yang terhitung jumlahnya kepada penulis.
7. Ibu mertua, ST. Hadasiah Nuju, terima kasih atas kasih sayang, bantuan dan pengertian sehingga penulis dapat menyelesaikan tulisan ini.
8. Muhammad Abduh Saleh, ST, suami tercinta yang senantiasa mendukung, membantu dan mengerti akan kesibukan penulis selama ini.
9. Nabhan Radinka Abduh, si buah hati yang tersayang, merupakan motivasi bagi penulis.
10. Adik-adikku sayang, Alham Djabbar ST, Sutrisno Jabbar, dan Agussalim Jabbar, atas bantuan dan doa yang diberikan kepada penulis.
11. Rahmawati, S.Pd., M.Pd dan Darmawati S.Ag, kakak-kakakku sayang, atas doa dan dukungannya selama ini.
12. Hamzah Al Imran, ST., MT., dan Umar Katu, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, yang selalu memberikan dukungan, motivasi serta doa yang memacu penulis untuk menyelesaikan tesis ini.

13. Rakhim Nanda ST., MT atas doa, dukungan dan kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melanjutkan studi.
14. Rekan-rekan kerja di Unismuh Makassar (Dosen dan Pegawai) yang senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
15. Tiwi, Mita, Irma, Vera, dan Fika, atas doa, dukungan, bantuan dan pengertiannya kepada penulis.
16. Rekan-rekan angkatan 2010 di program Pascasarjana Teknik Elektro Universitas Hasanuddin Makassar, atas doa, dukungan dan semangat yang diberikan kepada penulis.
17. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu atas bantuannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini.

Dengan segala kemampuan yang ada serta mengingat terbatasnya pengalaman dan pengetahuan, kami sepenuhnya menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, baik dalam pengungkapan, pokok pikiran, tata bahasa maupun kelengkapan pembahasannya. Semoga dengan hasil dari penelitian kami dalam thesis ini dapat berguna bagi yang membutuhkan.

Makassar, Juli 2013

Penulis

ABSTRAK

RAHMANIA, *Pemrosesan Sinyal Terima Gps Bergerak Berbasis Pc Untuk Aplikasi Mobile Land Satellite* (Dibimbing oleh **Dr. Ir.Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng** dan **Dr. Elyas Palantei, ST., M.Eng**).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerimaan sinyal terima GPS pada keadaan fixed dan pada keadaan mobile untuk berbagai kondisi (LOS dan NLOS) sehingga dapat digunakan untuk pemanfaatan Mobile Land Satellite yang akan digunakan untuk berbagai aplikasi komunikasi khususnya bagi pusat-pusat informasi berjalan.

Penelitian ini berupa penelitian kuantitatif dengan menggunakan beberapa Software pada Sistem Operasi *Linux (Ubuntu v 10.04)* yang digunakan pada proses pengambilan data, sedangkan untuk software pada Windows (Microsoft Excel, visual GPS v 4.2, dan Google Earth) yang digunakan untuk menganalisis data hasil pengukuran. Pengukuran dilakukan di empat lokasi di Makassar (daerah perkotaan, pantai, Unhas dan perairan). Pengukuran dilakukan pada saat user sedang diam (*fixed*) dan pada saat user bergerak (*mobile*).

Dari penelitian ini diperoleh bahwa nilai SNR tidak bergantung pada kecepatan kendaraan pada saat mobile tetapi lebih bergantung pada kondisi lingkungan sekitar user. Nilai SNR untuk keadaan fixed lebih stabil dibanding pada saat mobile karena bedanya daya tangkap gps dan kondisi lingkungan pada saat mobile bervariasi. Semakin besar sudut elevasi maka nilai SNR akan semakin tinggi. Berdasarkan nilai standar deviasi terlihat dari keempat lokasi pengukuran daerah perairan, pulau kayangan dan pinggir pantai memiliki nilai standar deviasi yang paling kecil tidak mencapai 1 meter penyimpangan, tetapi di pulau Lae-Lae dan pulau samalona memiliki nilai DOP (VDOP = 13 dan HDOP = 9,8) paling besar yang mengindikasikan bahwa pengukuran di tempat tersebut paling tidak akurat, hal tersebut terjadi karena geometri satelit gps melemah dimana letak satelit-satelit tersebut berdekatan dan tidak seimbang.

Kata kunci : GPS, LMS, SNR, Standar Deviasi, DOP.

ABSTRACT

RAHMANIA, *The Processing of the Receiver Signal of the PC-Based Moving GPS for the Application of the Mobile Land Satellite* (supervised by **Dr. Ir. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng** dan **Dr. Elyas Palantei, ST., M.Eng**).

This research aimed to analyze the received GPS signal reception on the state of the fixed and mobile state for various conditions (LOS and NLOS) so it could be used for the utilization of Land Mobile Satellite which would be used for a variety of communication applications especially for running information centers.

This research was a quantitative study using some software on Linux's operating system (Ubuntu v 10:04) were used in the data collection process, while for the software on Windows (Microsoft Excel, Visual GPS v 4.2, and Google Earth) used to analyze the measured data. Measurements was carried out in four locations in the Makassar (urban, coastal, Unhas and marine). Measurements were taken when the user was stationary (fixed) and the user moves (mobile).

The research result indicated that the SNR value did not depend on the speed of the vehicle at the time of the mobile but more dependent on environmental conditions around the user. SNR values for the fixed state was more stable than mobile state because of the difference comprehension mobile gps and mobile environmental conditions at the time varied. More biggest elevation angle so the SNR value will highest. Based on the standard deviation of the four measurement locations visible territorial waters, the Kayangan island and a beachside have the standard deviation values of the most minor deviation does not reach 1 meter, but on the island Lae-Lae and Samalona island has a value of DOP (VDOP = 13 and HDOP = 9,8) which indicated that most of the measurements in the least accurate, it happened because of weak GPS satellite geometry where the location of the adjacent satellites and unbalanced. Performance of signal strength is influenced by many factors, including the presence of a barrier in the form of buildings or trees that lead to the occurrence of multipath and fading, atmosphere effects, the effects of SA, the location of the satellite geometry, great elevation and azimuth angles.

Keywords: GPS, LMS, SNR, Standard Deviation, DOP.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	
Halaman Pengajuan.....	
Halaman Pengesahan	
Lembar Pernyataan Keaslian.....	
Kata Pengantar	
Abstrak	
Abstract	
Daftar Isi.....	
Daftar Gambar.....	
Daftar Tabel	
Daftar Lampiran	
BAB I PENDAHULUAN.....	
1.1 Latar Belakang Masalah	
1.2 Rumusan Masalah.....	
1.3 Tujuan Penulisan	
1.4 Manfaat Penulisan	
1.5 Batasan Masalah	
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Land Mobile Satelit (LMS)	
2.2 GPS (Global Positioning System)	
2.2.1 Timeline.....	

2.2.2	Kegunaan GPS.....	.....
2.2.4	Satelit GPS.....	.....
2.2.5	Segmen Penyusun GPS.....	.....
2.2.6	Basic GPS Receiver.....	.....
2.2.7	Sinyal GPS.....	.....
2.2.8	Format Data Keluaran GPS.....	.....
2.3.9	Penentuan Posisi dengan GPS.....	.....
2.2.10	Persamaan Dasar untuk Menemukan Posisi User.....	.....
2.2.11	DOP (<i>Dilution of Precision</i>).....	.....
2.3	Roadmap Penelitian.....	.....
BAB III METODE PENELITIAN.....		
3.1	Lokasi Penelitian.....	.....
3.1.1	Lokasi Pengukuran.....	.....
3.1.2	Waktu Penelitian.....	.....
3.2	Instrumen Penelitian.....	.....
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	.....
3.4	Diagram Alur Penelitian.....	.....
3.5	Teknik Analisa Data.....	.....
BAB IV ANALISA DATA GPS.....		
4.1	Analisa Hasil Pengukuran di Daerah Perkotaan.....	.....
4.1.1	Pengukuran Secara Fixed.....	.....
4.1.2	Pengukuran Secara Mobile.....	.....
4.2	Analisa Hasil Pengukuran di Daerah Pantai.....	.....

4.2.1	Pengukuran Secara Fixed
4.2.2	Pengukuran Secara Mobile
4.3	Analisa Hasil Pengukuran di Daerah Unhas.....
4.3.1	Pengukuran Secara Fixed
4.3.2	Pengukuran Secara Mobile
4.4	Analisa Hasil Pengukuran di Daerah Perairan.....
4.4.1	Pulau Lae-lae – Pulau Samalona
4.4.2	Pulau Kayangan – Pinggir Pantai
4.5	Analisa Standar Deviasi dan Letak Geometri Satelit
4.6	Hubungan antara SNR dengan Sudut Elevasi
BAB V PENUTUP.....	
5.1	Kesimpulan.....
5.2	Saran
Daftar Pustaka	
Lampiran	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip Dasar LMS Berbasis LMS
Gambar 2.2	Distribusi Satelit
Gambar 2.3	Blok Sederhana Penerima GPS (GPS Receiver)
Gambar 2.4	Gelombang Sinyal GPS
Gambar 2.5	Subframe pada Pesan Navigasi
Gambar 2.6	User Menerima Sinyal dari Empat Satelit yang Berbeda
Gambar 2.7	Sistem Koordinat Tiga Dimensi
Gambar 2.8	Konversi dari Deret Taylor
Gambar 2.9	Perkiraan Posisi
Gambar 3.1	Jenis-Jenis Kondisi Lingkungan
Gambar 3.2	Laptop yang Digunakan untuk Pengukuran
Gambar 3.3	GPS Garmin 18X
Gambar 3.4	Mobil yang digunakan dalam pengukuran
Gambar 3.5	Perahu yang digunakan dalam Pengukuran
Gambar 3.6	Aplikasi Ubuntu yang Digunakan dalam Menampilkan Data Penelitian
Gambar 3.7	Visual GPS
Gambar 3.8	Pengukuran di Permukaan Bumi (Daratan)
Gambar 3.9	Pengukuran di Permukaan Bumi (Perairan)
Gambar 3.10	Model Sistem
Gambar 3.11	Synaptic Package Manager

Gambar 3.12	Paket Instalasi GPS.....
Gambar 3.13	XGPS.....
Gambar 3.14	Diagram Alur Penelitian.....
Gambar 3.15	Azimuth dan Elevasi.....
Gambar 3.16	Arah Sudut Azimuth.....
Gambar 3.17	Sudut Elevasi.....
Gambar 3.17	Pseudorange Noise/SNR.....
Gambar 4.1	Kondisi Satelit, Posisi User pada Peta dan Data NMEA.....
Gambar 4.2	Grafik SNR Jalan DR. Sam Ratulangi pada Pagi Hari.....
Gambar 4.3	Grafik SNR untuk PRN 3 dan PRN 20 di Jl. Dr. Sam Ratulangi pada Pagi Hari.....
Gambar 4.4	(1) Kondisi Satelit dan (2) Posisi User pada Peta.....
Gambar 4.5	Grafik SNR Jalan DR. Sam Ratulangi pada Sore Hari.....
Gambar 4.6	Grafik SNR PRN 5 dan PRN 27 di Jl. Dr. Sam Ratulangi pada sore Hari.....
Gambar 4.7	(1) Kondisi Satelit dan (2) Posisi User.....
Gambar 4.8	Grafik SNR Jalan DR Sam Ratulangi pada Malam Hari.....
Gambar 4.9	Grafik SNR PRN 12 dan PRN 31.....
Gambar 4.10	Lokasi Penelitian di Jalan DR. Sam Ratulangi.....
Gambar 4.11	Grafik SNR Satelit yang Bekerja pada Pagi dan Malam hari ..
Gambar 4.12	Grafik SNR PRN 2 dan 15 di Jalan Timor pada Sore Hari.....
Gambar 4.13	Grafik SNR PRN 12 dan 29 di Jalan Timor pada Malam Hari
Gambar 4.14	Lokasi Penelitian di Jalan Timor.....

- Gambar 4.15 Grafik SNR yang bekerja pada sore dan malam hari di jalan Timor
- Gambar 4.16 Grafik SNR Tracking di Daerah Perkotaan pada Malam Hari.
- Gambar 4.17 Grafik SNR PRN 12 dan 15 pada saat Tracking Malam di Perkotaan
- Gambar 4.18 Posisi User pada saat Tracking di Perkotaan dimana Satelit Memiliki Nilai SNR 0 dBHz Terbanyak dan Posisi Satelit pada saat itu.
- Gambar 4.19 Grafik SNR PRN 3 dan 20 di Daerah Tanjung pada Pagi Hari
- Gambar 4.20 Grafik SNR PRN 5 dan 13 di Tanjung pada Sore Hari.....
- Gambar 4.21 Grafik SNR PRN 12 dan 15 di Tanjung pada Malam Hari.....
- Gambar 4.22 Lokasi Penelitian Daerah Tanjung
- Gambar 4.23 SNR PRN 14 pada pagi dan malam hari di Tanjung.....
- Gambar 4.24 Grafik SNR PRN 3 dan 20 di Jalan Pasar Ikan pada Pagi Hari
- Gambar 4.25 Grafik SNR PRN 17 dan 27 di Jalan Pasar Ikan pada Sore Hari
- Gambar 4.26 Grafik SNR PRN 29 dan 27 di Jalan Pasar Ikan pada Malam Hari
- Gambar 4.27 Lokasi Penelitian di Jalan Pasar Ikan
- Gambar 4.28 Grafik SNR untuk PRN 14 pada Pagi dan Malam Hari
- Gambar 4.29 Grafik SNR PRN 3 dan 20 saat Tracking Pantai pada Pagi Hari
- Gambar 4.30 Grafik SNR Tracking Daerah Pantai pada Malam Hari.....

- Gambar 4.31 Grafik SNR PRN 14 pada Pagi dan Malam Hari saat Tracking Daerah Pantai
- Gambar 4.32 Posisi User Saat Tracking Pada Pagi Hari di Daerah Pantai dimana Satelit-Satelit Memiliki Nilai SNR 0 dBHz Terbanyak.....
- Gambar 4.33 Grafik SNR PRN 14 dan 30 di Pintu Satu Unhas pada Pagi Hari.....
- Gambar 4.34 Grafik SNR PRN 17 dan 9 di Pintu Satu Unhas
- Gambar 4.35 Grafik SNR di Pintu Satu Unhas pada Malam Hari.....
- Gambar 4.36 Lokasi Penelitian di Pintu Satu Unhas
- Gambar 4.37 Grafik SNR PRN 5 Pada Sore dan Malam Hari
- Gambar 4.38 Grafik SNR PRN 15 dan 10 di RS Pendidikan Unhas pada Sore hari.....
- Gambar 4.39 Grafik SNR PRN 31 dan 22 di RS Pendidikan Unhas pada Malam Hari.....
- Gambar 4.40 Lokasi Penelitian di Depan RS Pendidikan Unhas.....
- Gambar 4.41 Grafik SNR PRN 5 dan 9 pada Sore dan malam Hari.....
- Gambar 4.42 Grafik SNR PRN 23 dan 30 Tracking Daerah Unhas pada Pagi Hari.....
- Gambar 4.43 Grafik SNR PRN 17 dan 10 Tracking Daerah Unhas pada Sore Hari.....
- Gambar 4.44 Grafik SNR PRN 29 dan 27 Tracking Daerah Unhas di Malam Hari.....

- Gambar 4.45 Grafik SNR PRN 14 dan 31 pada Pagi dan Malam Hari
- Gambar 4.46 Posisi User saat Tracking Daerah Unhas pada Malam Hari
dimana Terdapat Nilai SNR Terbanyak
- Gambar 4.47 Grafik SNR di Pulau Lae-Lae
- Gambar 4.48 Grafik SNR PRN 22 dan 25 di Pulau Samalona
- Gambar 4.49 Grafik SNR PRN 22 di Pulau Lae-Lae dan Samalona.....
- Gambar 4.50 Grafik SNR Tracking dari Pulau Lae-Lae ke Pulau Samalona
- Gambar 4.51 Grafik SNR PRN 31 dan 16 di Pulau Kayangan.....
- Gambar 4.52 Grafik SNR PRN 23 dan 16 di Pinggir Pantai
- Gambar 4.53 Grafik SNR Tracking dari Pulau Kayangan ke Pinggir Pantai
- Gambar 4.54 Hasil dari Software Visual GPS versi 4.2 untuk Data di Jalan
DR. Sam Ratulangi pada Pagi Hari.
- Gambar 4.55 Hasil Visual GPS pada bagian Survey Window.....

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penyebab Kesalahan	
Tabel 2.2 Tabel NMEA Output \$GPGGA	
Tabel 2.3 Tabel NMEA Output \$GPGGL	
Tabel 2.4 Tabel NMEA Output \$GPRMC.....	
Tabel 2.5 Tabel NMEA Output \$GPGSV	
Tabel 2.6 Tabel NMEA Output \$PTNL, GGK	
Tabel 2.7 Tabel Nilai DOP Beserta Keteranganannya	
Tabel 4.1 Tabel Perbandingan Nilai SNR untuk berbagai Jenis dan Kondisi Lingkungan	
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran untuk Nilai Standar Deviasi dan DOP.....	

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data NMEA

Lampiran 2 Kondisi Satelit, Posisi User dan Data NMEA pada LINUX Ubuntu

Lampiran 3 Hasil Software Visual GPS

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Fungsi standar perangkat bergerak (*mobile device*) belum mampu menyediakan informasi konteks ruang yang akurat kepada pengguna (*user*). *Global Positioning System* (GPS) adalah solusi yang tepat untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Hal ini dikarenakan GPS merupakan satu-satunya sistem navigasi satelit yang bersifat global dan berfungsi secara penuh, dengan 24 satelit yang mengorbit bumi dan bebas digunakan oleh semua orang.

GPS adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh Indonesia tanpa tergantung waktu dan cuaca, kepada banyak orang secara simultan. Pada saat ini, system GPS sudah banyak diaplikasikan, terutama yang terkait dengan aplikasi-aplikasi yang menuntut informasi tentang posisi ataupun perubahan posisi.

Berbagai manfaat dapat diperoleh pada aplikasi GPS, khususnya untuk sistem telekomunikasi. Misalnya untuk pengembangan *Land Mobile Satellite*, untuk pemanfaatan sistem informasi yang bergerak seperti ATM berjalan (*mobile ATM*), perpustakaan digital berjalan, dan sebagainya. Sehingga dalam

penyampaian informasi ke seluruh masyarakat di pelosok Indonesia dapat berjalan dengan lancar. Namun masih dibutuhkan pengamatan yang lebih dalam mengenai aplikasi gps ini sehingga dapat dimanfaatkan dengan baik.

Makassar merupakan salah satu kota di Indonesia dengan penduduk sekitar 1,5 juta^[16] dan merupakan kota yang perkembangannya cukup cepat khususnya di bidang pembangunan daerah. Dengan perkembangan yang sangat pesat tersebut maka kota Makassar juga sangat membutuhkan perkembangan teknologi khususnya di bidang sistem informasi. Salah satunya yaitu aplikasi *Land Mobile Satellite*. Oleh karena itu penulis mencoba untuk mengamati karakteristik propagasi sinyal penerimaan GPS di daerah Makassar.

Pada salah satu penelitian sebelumnya, pengukuran performansi kekuatan sinyal pada sistem GPS dilakukan pada lokasi Sarawak, Malaysia dan Fukuoka, Jepang^[3]. Parameter yang dijadikan referensi adalah pengaruh kekuatan sinyal terima, kondisi lingkungan, perubahan sudut elevasi dan azimuth terhadap *fading* yang dihasilkan. Sehingga didapatkan karakteristik dari lokasi pengukuran sinyal terima berdasarkan pada analisa data yang diperoleh. Penelitian ini menjadi tolak ukur bagi penulis untuk melakukan penelitian di daerah Makassar.

Selain itu, pada penelitian-penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Agus Widanarto S. dkk., dan Bagus Sarwono dkk. melakukan penelitian dengan pengambilan data secara *fixed*, maka kami mencoba untuk melakukan pengambilan data secara *fixed* dan *mobile* sehingga dapat membandingkan penerimaan sinyal GPS *fixed* dengan GPS *mobile*.

Sesuai dengan alasan dan pertimbangan di atas maka penulis mengangkat judul “Pemrosesan Sinyal Terima Sistem GPS Berbasis PC untuk Aplikasi *Land Mobile Satellite*”.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dikemukakan, maka untuk memecahkan masalah pada penelitian ini dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerimaan sinyal data GPS jika user bergerak dari suatu tempat ke tempat lainnya (asal – tujuan) pada berbagai variasi dan kondisi lingkungan dan penerimaan sinyal data GPS pada saat user diam (pada tempat asal dan pada tempat tujuan) pada berbagai variasi dan kondisi lingkungan?
2. Menganalisis penerimaan sinyal data pada dua kondisi user (diam dan bergerak).
3. Bagaimana karakteristik propagasi sinyal GPS di kota Makassar?

1.3. Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan ini adalah

1. Menganalisis sinyal data terima GPS pada saat *user* dalam keadaan *fixed* dan pada saat user bergerak *mobile* untuk berbagai kondisi (LOS dan NLOS).

2. Membandingkan penerimaan sinyal data terima GPS pada keadaan *fixed* dan keadaan *mobile*.
3. Mengetahui pengaruh sudut elevasi terhadap penerimaan sinyal GPS.
4. Mengetahui karakteristik propagasi sinyal GPS pada daerah Makassar.
5. Menentukan lokasi yang dapat digunakan oleh user untuk mendapatkan hasil yang maksimal (*signal strength* yang baik).

1.4. Manfaat Penulisan

Dari penelitian yang dilakukan tersebut akan membantu bagi pemanfaatan *Mobile Land Satelit* yang akan digunakan untuk berbagai aplikasi komunikasi misalnya bagi pusat-pusat informasi berjalan seperti untuk ATM berjalan, perpustakaan digital berjalan, ambulance berjalan dan sebagainya.

1.5. Batasan Masalah

Dalam penulisan ini akan dibatasi pada :

1. Kondisi lingkungan yang berbeda-beda untuk GPS *fixed* dan *mobile* (LOS dan NLOS).
2. Variasi jenis lingkungan (*forest/pepohonan, high tall building/perkotaan, daerah pantai dan perairan*).
3. Akuisisi data dari GPS ke komputer.

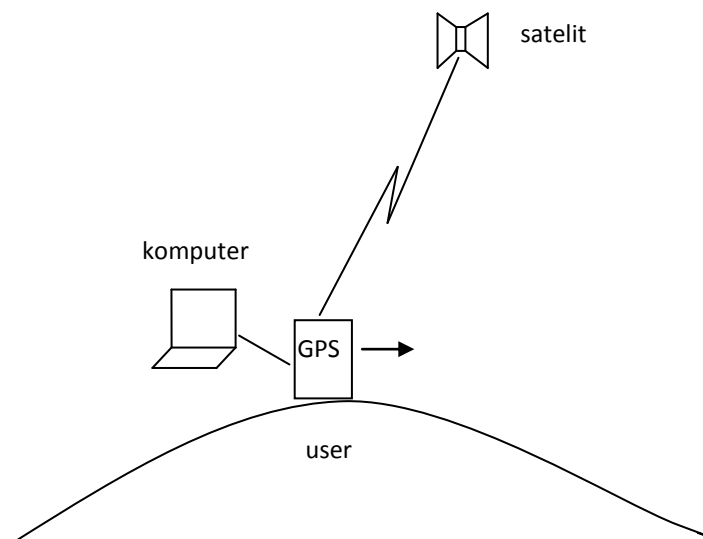
4. Parameter-parameter yang digunakan berupa data dari GPS berupa data posisi, *signal to noise ratio* (SNR), sudut elevasi, azimuth dan DOP.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 *Land Mobile Satellite (LMS)*

Land Mobile Satellite merupakan suatu sistem dimana user di bumi dapat memperoleh informasi-informasi posisi dari satellite pada saat user bergerak dari suatu tempat ke tempat lainnya.



Gambar 2.1 Prinsip Dasar LMS Berbasis PC

LMS merupakan bagian penting dari generasi ketiga dan keempat dari sistem *nirkabel*. Arti penting dari sistem tersebut berkembang pesat untuk berbagai aplikasi seperti navigasi, komunikasi, penyiaran dll. Sistem ini dapat menjangkau sebagian besar pelosok bumi dengan biaya yang rendah. Kualitas layanan yang disediakan oleh sistem LMS sangat tergantung pada propagasi

antara satelit dengan pengguna. Fluktuasi acak sinyal pada kanal LMS dipengaruhi oleh 2 hal yaitu *multipath fading* dan *shadow fading*.

2.2 GPS (*Global Positioning System*)

Amerika Serikat merupakan negara pencetus dan pemrakarsa GPS. Pada dasarnya, bentuk sistem teknologi GPS sama dengan sistem navigasi radio pangkalan pusat, seperti LORAN dan Decca Navigator yang dikembangkan pada tahun 1940-an dan digunakan selama Perang Dunia II. Inspirasi pembuatan sistem GPS sebenarnya datang dari Uni Soviet yang pada saat itu, tahun 1957, meluncurkan satelit pertama mereka, Sputnik.

Sebuah tim ilmuwan AS yang dipimpin oleh Dr. Richard B. Kershner saat itu memonitor transmisi radio Sputnik. Mereka menemukan bahwa Efek Doppler berpengaruh pada transmisi radio, di mana sinyal frekuensi yang ditransmisi Sputnik sangat tinggi saat baru diluncurkan dan semakin rendah seiring dengan satelit menjauhi bumi. Mereka menyadari bahwa dengan mengetahui letak bujur lokasi mereka dengan tepat di peta dunia, mereka mampu melacak posisi satelit tersebut mengorbit berdasarkan tolak ukur penyimpangan Efek Doppler.

Transit, satelit sistem navigasi pertama yang digunakan oleh Angkatan Laut AS sukses diujicobakan pertama kali pada tahun 1960. Sistem yang menggunakan kumpulan dari lima satelit ini mampu menentukan posisi sekali tiap jamnya. Pada tahun 1967, AL AS mengembangkan satelit Timation yang membuktikan kemampuannya dengan menetapkan waktu yang akurat di angkasa, merupakan teknologi acuan sistem GPS. Tahun 1970-an, Sistem Navigasi Omega

pangkalan pusat, berdasarkan pembandingan fase sinyal, menjadi sistem navigasi radio pertama yang meliputi seluruh dunia.

Satelit percobaan pertama Block-I GPS diluncurkan pada Februari 1978. Satelit-satelit GPS pertama kali dibuat oleh Rockwell International (sekarang merupakan bagian dari Boeing) dan sekarang dibuat oleh Lockheed Martin (IIR/IIR-M) dan Boeing (IIF).

2.2.1 Timeline:

Perkembangan GPS dimulai pada tahun 1972, untuk lebih lengkapnya sebagai berikut:

1. Pada tahun 1972, Holloman AFB AS melakukan perbandingan pengujian dua prototipe penerima GPS di atas *White Sand Missile Range*, menggunakan satelit tiruan pangkalan pusat.
2. Tahun 1978, satelit percobaan pertama Block-I GPS diluncurkan.
3. Tahun 1983, setelah pesawat interseptor Rusia menembak pesawat terbang sipil KAL 007 di wilayah udara terlarang Rusia, yang membunuh 269 orang dalam peristiwa tersebut, presiden AS Ronald Reagan mengumumkan bahwa sistem GPS akan dapat digunakan oleh rakyat sipil begitu sistem itu selesai dibuat.
4. Tahun 1985, sepuluh satelit percobaan Block-I GPS tambahan diluncurkan untuk memvalidasi konsep tersebut.
5. Pada 14 Februari 1989, satelit modern Block-II pertama diluncurkan.

6. Tahun 1992, *Space Wing* kedua, yang pada dasarnya mengontrol sistem, di-nonaktifkan dan diganti dengan *Space Wing* ke-50.
7. Pada Desember 1993 sistem GPS mampu beroperasi untuk pertama kalinya.
8. Pada 17 Januari 1994, konstelasi komplet 24 satelit telah mengorbit.
9. Kemampuan untuk beroperasi penuh dideklarasikan oleh NAVSTAR pada April 1995.
10. Tahun 1996, menyadari pentingnya GPS bagi rakyat sipil, presiden AS Bill Clinton mengeluarkan kebijakan langsung yang menyatakan GPS sebagai *dual-use system* dan mendirikan *Interagency GPS Executive Board* untuk mengatur penggunaannya sebagai aset negara.
11. Tahun 1998, Wakil Presiden AS Al Gore mengumumkan rencana untuk meng-*upgrade* GPS dengan dua sinyal sipil untuk mempertinggi keakuratan dan keandalan pengguna, terutama dengan respek terhadap faktor keselamatan penerbangan.
12. Pada 2 Mei 2000, "*Selective Availability*" tidak dilanjutkan sebagai hasil dari Peraturan Pemerintah tahun 1996, memungkinkan pengguna untuk menerima sinyal tidak bertingkat secara global.
13. Tahun 2004, pemerintah AS menandatangani sebuah perjanjian bersejarah dengan Komunitas Eropa membangun kerjasama dalam bidang GPS dan rencana sistem Galileo Eropa.

14. Tahun 2004, presiden AS George W. Bush memperbaharui kebijakan nasional, menggantikan lembaga eksekutif dengan *National Space-Based Positioning, Navigation, and Timing Executive Committee*.
15. November 2004, QUALCOMM mengumumkan keberhasilan menguji aplikasi bantuan sistem GPS pada telepon genggam.
16. 2005, satelit GPS pertama yang dimodernisasi diluncurkan dan mulai mentransmisikan sinyal sipil kedua (L2C) untuk meningkatkan manfaatnya bagi pengguna.
17. Peluncuran terbaru pada 17 Oktober 2007. Satelit GPS tertua yang masih beroperasi diluncurkan pada 4 Juli 1991 dan mulai dioperasikan pada 30 Agustus 1991.
18. 14 September 2007, peraturan tentang Sistem Pengendalian Segmen Pusat yang telah usang digantikan dengan Rencana Evolusi Arsitektur yang baru.

2.2.2 Kegunaan GPS

GPS dimanfaatkan dalam berbagai bidang, diantaranya adalah :

1. Militer

GPS digunakan untuk keperluan perang, seperti menuntun arah bom, atau mengetahui posisi pasukan berada. Dengan cara ini maka kita bisa mengetahui mana teman, mana lawan untuk menghindari salah target ataupun menentukan pergerakan pasukan.

2. Navigasi

GPS banyak juga digunakan sebagai alat navigasi seperti kompas. Beberapa jenis kendaraan telah dilengkapi dengan GPS untuk alat bantu navigasi. Dengan menambahkan peta, maka bisa digunakan untuk memandu pengendara sehingga pengendara bisa mengetahui jalur mana yang sebaiknya dipilih untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

3. Sistem Informasi Geografis

Untuk keperluan Sistem Informasi Geografis, GPS sering juga diikutsertakan dalam pembuatan peta, seperti mengukur jarak perbatasan, ataupun sebagai referensi pengukuran.

4. Pelacak Kendaraan

Kegunaan lain GPS adalah sebagai pelacak kendaraan. Dengan bantuan GPS, pemilik kendaraan/pengelola armada bisa mengetahui ada di mana saja kendaraannya/aset Bergeraknya berada saat ini.

5. Pemantau Gempa

Bahkan saat ini, GPS dengan ketelitian tinggi bisa digunakan untuk memantau pergerakan tanah, yang ordenya hanya milimeter dalam setahun. Pemantauan pergerakan tanah berguna untuk memperkirakan terjadinya gempa, baik pergerakan vulkanik ataupun tektonik.

6. Navigasi Pesawat Terbang

Kebanyakan sistem penerbangan menggunakan alat GPS biasa dalam penerbangan, kecuali ketika mendarat dan lepas landas, sama seperti alat

elektronik lain. Larangan penggunaan GPS disebabkan adanya isu keselamatan, yaitu tidak ingin penumpang memetakan posisinya. Sebaliknya, sebagian penerbangan juga memasukkan GPS ke dalam sistem hiburan penerbangan. Dengan pengamatan GPS, maka informasi posisi 3D, kecepatan dan percepatan pesawat terbang dapat ditentukan secara teliti. Di samping itu GPS juga dapat digunakan sebagai sistem navigasi pesawat terbang pada saat *survey* dengan metode *real time DGPS (Differential Global Positioning System)*.

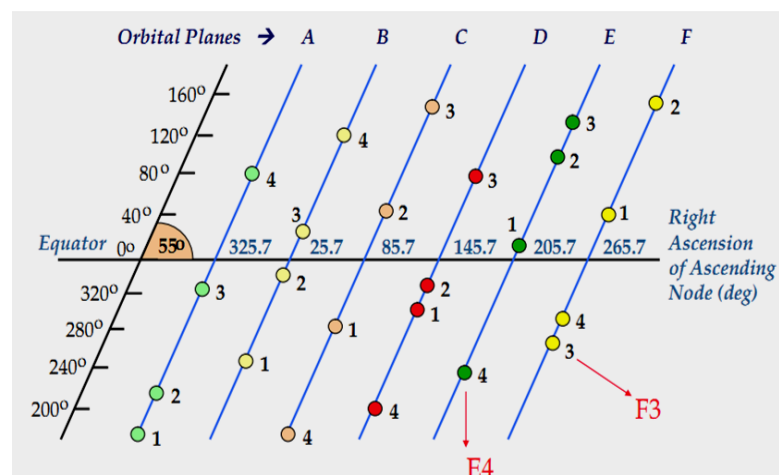
7. Penangkapan Ikan di Perairan Luas

Trimble memperkenalkan penerima GPS pertama di dunia untuk navigasi laut pada tahun 1985. Dan seperti yang mungkin diduga, menavigasikan perairan dunia menjadi lebih tepat daripada sebelumnya. Saat ini alat penerima Trimble dapat ditemukan di perahu-perahu di seluruh dunia, mulai dari perahu nelayan, kapal kargo pengantar barang, sampai kapal-kapal pesiar mewah. Sebuah perusahaan penangkapan ikan asal Selandia Baru menggunakan GPS supaya mereka dapat kembali ke wilayah terbaik untuk menangkap ikan tanpa perlu tersesat sebelumnya.

2.2.4 Satelit GPS

Satelit GPS terdiri dari 24 buah bertujuan agar semua titik di permukaan bumi dapat terpantau. Ada 6 bidang orbit yang masing-masing berjarak 55° - 60° (6 bidang supaya memenuhi 360°), masing-masing terdapat 4 SV. Dengan

susunan seperti ini semua titik di permukaan bumi dapat dipantau oleh 5-8 SV sehingga dapat menyediakan data dan informasi yang sangat akurat. Jumlah minimal yang dibutuhkan untuk dapat menentukan lokasi (koordinat) obyek yang diamati adalah 4 SV (konsep *trilaterasi*).



Gambar 2.2 Distribusi Satelit GPS^[2]

Hal-hal yang dapat menyebabkan kesalahan pada penentuan posisi GPS adalah sebagai berikut :

1. Sinyal yang diperoleh oleh GPS berdasarkan jumlah satelit yang nampak. Semakin tinggi sinyal satelit GPS yang diterima maka ketelitiannya semakin bagus. Bangunan, pepohonan, dan interferensi elektromagnetik dapat menyebabkan gangguan pada penerima sinyal GPS sehingga dapat menyebabkan kesalahan pada penentuan posisi bahkan memungkinkan tidak terdeteksinya posisi sama sekali.
2. Selain dapat menerima sinyal secara langsung GPS juga dapat menerima sinyal hasil pantulan (*multipath*). Dari sinyal hasil pantulan tersebut

akan mengalami *delay* pada saat penerimaan, sehingga dapat mempengaruhi ketelitian pengukuran.

3. Untuk mengatasi masalah referensi waktu maka untuk ketepatan penentuan posisi dibutuhkan minimal 4 satelit yang harus didapat.
4. Orbit Satelit, posisi satelit merupakan salah satu sumber dalam penentuan posisi.
5. *Selective Availability* (SA) merupakan kesalahan acak dari sinyal GPS yang ditentukan oleh *United State Department of Defenses (DoD)* untuk menurunkan kualitas akurasi posisi GPS. Pada saat SA dihilangkan, akurasi posisi horizontal dari posisi *autonomous* berkisar antara 10-15 meter. Akan tetapi pada saat SA diaktifkan, akurasi *autonomous* dapat berubah menjadi diatas 100 meter. *Selective Availability* telah dimatikan pada waktu Mei 2000.
6. Keterlambatan akibat atmosfer, sinyal GPS akan berpantulan secara acak pada saat melakukan perjalanan melalui ionosfer dan troposfer. Ketika terjadi pemantulan, jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai permukaan bumi bertambah. Hal tersebut mengakibatkan perubahan posisi hasil hitungan. Keterlambatan akibat atmosfer akan semakin besar pada kondisi panas saat siang hari dimana aktivitas ionosfer sangat tinggi.
7. *Satellite Geometry*. Ketika satelit berdekatan maka geometrinya akan menjadi lemah dan nilai DOP (*Dilution of Precision*) akan menjadi tinggi dan sebaliknya.

Kesalahan-kesalahan yang terjadi disebabkan oleh berbagai faktor dan lebih detailnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Penyebab Kesalahan^[4]

Cause of error	Error
Effects of the ionosphere	4 m
Satellite clocks	2.1 m
Receiver measurements	0.5 m
Ephemeris data	2.1
Effects of the troposphere	0.7
Multipath	1.4 m
Total RMS value (unfiltered)	5.3 m
Total RMS value (filtered)	5.1
Vertical error (1 sigma (68.3%) VDOP=2.5)	12.8m
Vertical error (2 sigma (95.3%) VDOP=2.5)	25.6m
Horizontal error (1 sigma (68.3%) HDOP=2.0)	10.2m
Horizontal error (2 sigma (95.5%) HDOP=2.0)	20.4m

2.2.5 Segmen Penyusun GPS

Sistem GPS terdiri atas tiga segmen utama, yaitu segmen satelit (*space segment*), segmen sistem kontrol (*control system segment*), dan segmen pengguna (*user segment*).

- Segmen Angkasa

Segmen angkasa terdiri dari 24 buah satelit GPS yang secara kontinyu memancarkan sinyal – sinyal yang membawa data kode dan pesan navigasi yang berguna untuk penentuan posisi, kecepatan dan waktu. Satelit-satelit tersebut ditempatkan pada enam bidang orbit dengan periode orbit 12 jam dan ketinggian orbit 20.200 km di atas permukaan bumi.

- Segmen Sistem Kontrol

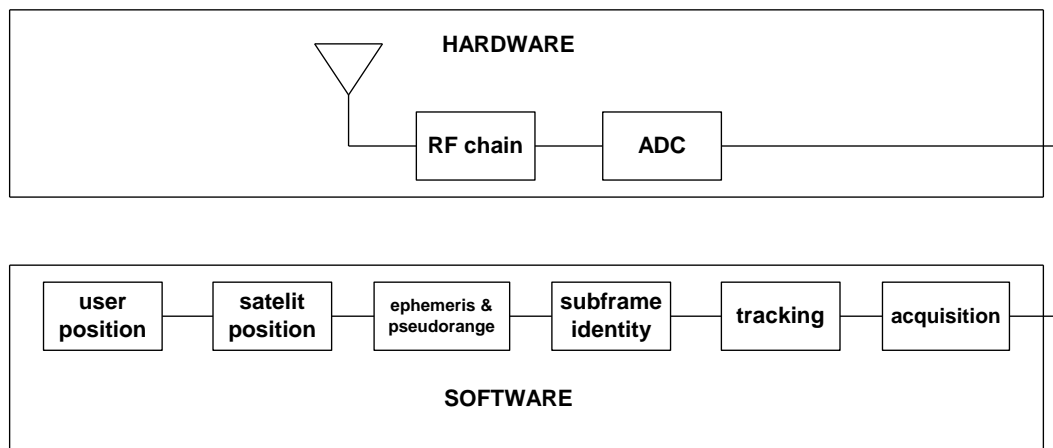
Segmen sistem kontrol terdiri dari *Master Control Station* (MCS), *Ground Station*, dan beberapa, *Monitor Station* (MS) yang berfungsi untuk mengontrol dan memonitor pergerakan satelit.

- Segmen Pengguna

Segmen pengguna terdiri dari para pengguna satelit GPS baik yang ada didarat, laut maupun udara. Dalam hal ini *receiver* GPS dibutuhkan untuk menerima dan memproses sinyal-sinyal dari GPS untuk digunakan dalam penentuan posisi, kecepatan, dan waktu.

2.2.6 Basic GPS Receiver

Penerima GPS dasar akan dibahas pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Blok Sederhana Penerima GPS (*GPS Receiver*)^[4]

Sinyal ditransmisikan dari satelit GPS diterima dari antenna. Kemudian sinyal RF diperkuat dan frekuensi dikonversi ke frekuensi output yang diinginkan. Sebuah konverter *analog to digital* (ADC) digunakan untuk mendigitalkan sinyal

keluaran. Antena, penguat RF dan ADC merupakan *hardware* yang digunakan dalam penerima.

Setelah sinyal digitalisasi, *software* akan digunakan untuk proses lebih lanjut. Akusisi digunakan untuk menemukan sinyal dari satelite tertentu. *Tracking* (pelacakan) digunakan untuk menemukan transisi fase dari data navigasi. Pada penerima konvensional akusisi dan *tracking* diperoleh dengan menggunakan *hardware*. Dari transisi fase data navigasi dapat diperoleh data *subframe* dan navigasi. Data *ephemeris* dan *pseudoranges* dapat diperoleh dari data navigasi. Data *ephemeris* digunakan untuk mendapatkan posisi satelit. Akhirnya posisi pengguna dapat dikalkulasi untuk posisi satelit dan *pseudoranges*. *Hardware* digunakan untuk mengumpulkan data *digitalisasi* dan *software* digunakan untuk menemukan posisi *user*.

2.2.7 Sinyal GPS

2.2.7.1 Struktur Sinyal GPS

Jarak dalam GPS diukur berdasarkan sinyal yang dipancarkan oleh satelit GPS kepada *receiver* GPS. Sinyal GPS merupakan bagian gelombang mikro dari spektrum gelombang elektromagnetik. Dari segi pemancaran sinyal, GPS disebut sebagai sistem pasif karena pada kenyataannya hanya satelit yang memancarkan sinyal, sedangkan receiver GPS dipermukaan bumi berfungsi sebagai penerima sinyal (satu arah dari satelit ke *receiver*). Karena tipikal sistem pasif inilah maka tidak ada batasan jumlah receiver GPS yg dapat mengamati sinyal GPS secara

simultan (pada saat yg bersamaan). Seperti halnya jutaan televisi yg disetel pada frekuensi yang sama tidak akan saling mengganggu antar pesawat televisi maupun jalannya siaran yg sedang berlangsung. Hal tersebut merupakan keuntungan dari sistem pasif GPS, namun sebagai konsekuensinya sinyal GPS harus membawa sebanyak mungkin informasi yg diperlukan oleh *receiver* untuk menentukan posisi dipermukaan bumi.

Sinyal GPS terdiri atas:

1. Data Kode
2. Gelombang Pembawa
3. Pesan Navigasi

Satelit berkomunikasi dengan receiver menggunakan kode. Kode-kode tersebut dibawa oleh dua gelombang pembawa (*L1-L2 carrier wave*). Masing-masing gelombang pembawa memiliki karakteristik tersendiri (fase, amplitudo atau frekuensi) yang dapat dirubah atau dimodulasi untuk membawa informasi. Sebagai contoh, ketika mendengarkan siaran radio baik itu musik, obrolan maupun iklan maka sesungguhnya bunyi musik atau obrolan di bawa oleh gelombang radio dengan teknik modulasi amplitudo (untuk radio AM) atau modulasi frekuensi (untuk radio FM). Gelombang pembawa sinyal GPS juga merupakan gelombang radio, bagian dari L-Band yg meliputi frekuensi gelombang *ultrahigh radio* dari 390 Mhz sampai 1550 Mhz. Namun demikian, gelombang pembawa L1 GPS memiliki frekuensi sedikit lebih tinggi dari definisi L-band standar.

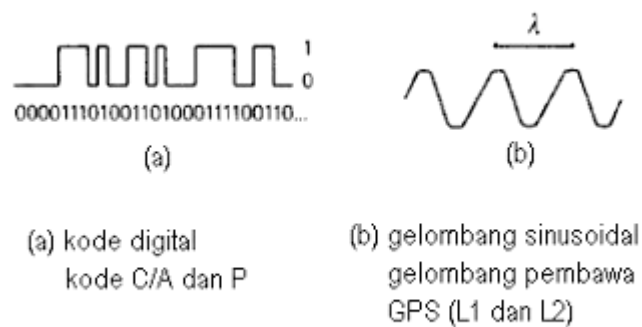
2.2.7.2 Data Kode

Data Kode GPS terdiri atas 2 kode yakni C/A (*coarse acquisition*) dan P (*precision*). Kedua kode tersebut terdiri atas kode biner yang berisi angka 0 dan 1, yang sering disebut sebagai *chips* atau *codes*. Kode C/A memiliki *rate* sebesar 1.023 MBps (*million bits per second*) sedangkan Kode P 10.23 MBps. Setiap satelit baru dapat mengulang kembali kode P setelah 37 minggu. *Receiver* GPS harus dapat membedakan transmisi kode P dari masing-masing satelit. Caranya adalah dengan memberikan informasi minggu tertentu kepada satu satelit tertentu. Sebagai contoh, Jika menggunakan GPS dan dilayar menampilkan SV14 (*space vehicle 14*) maka ini berarti satelit tersebut mentransmisikan data kode P untuk minggu ke 14. Kode C/A memiliki bit 10 kali lebih lambat dari kode P. Hal tersebut membuat proses identifikasi kode C/A mudah. Oleh karena itu kode C/A dapat ditransmisikan oleh masing-masing satelit dan informasi ini dapat diulang setiap 1 milidetik. Data inilah yg digunakan untuk menunjukkan posisi *real-time* pada layar GPS.

2.2.7.3 Gelombang Pembawa

Sebuah gelombang dengan panjang gelombang tertentu dalam durasi 1 detik, disebut juga 1 *cycle* per detik, didefinisikan memiliki frekuensi 1 hertz (Hz) dalam sistem Satuan Internasional (SI). Frekuensi 1 Hz dapat dianggap sebagai frekuensi yang rendah jika dibandingkan rentang bunyi yang bisa didengar oleh manusia (25Hz-15.000Hz). Gelombang pembawa sinyal GPS masing-masing

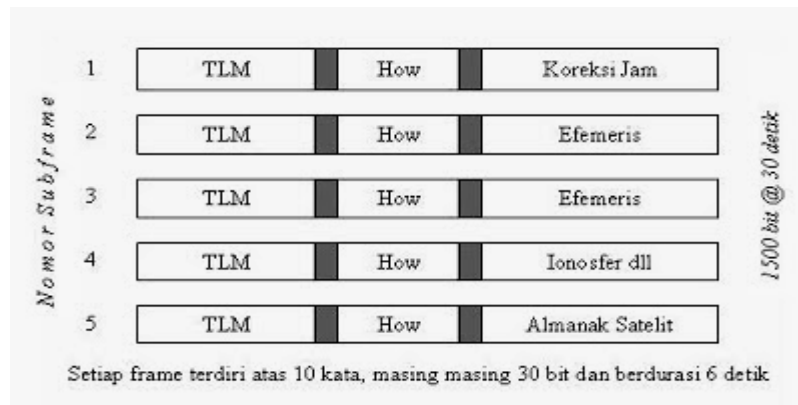
adalah L1 dengan frekuensi 1575.42 MHz dan L2 dengan frekuensi 1227.60 MHz. Panjang gelombang masing-masing *carrier wave* adalah 19 cm untuk L1 dan 24.4 cm untuk L2.



Gambar 2.4 Gelombang sinyal GPS^[6]

2.2.7.4 Pesan Navigasi

Pesan navigasi memiliki frekuensi 50 Hz dan dimodulasikan ke dalam gelombang pembawa seperti halnya kode C/A dan kode P. Pesan navigasi terdiri atas 1500 bit terbagi atas lima *subframes* dengan masing masing terdiri atas 10 kata (masing-masing 30 bit). Kelima *subframes* ini digunakan untuk memberikan informasi-informasi penting kepada *receiver*.



Gambar 2.5 Subframe pada Pesan Navigasi^[6]

1. *Subframe* 1 memberikan informasi tentang simpangan (*drift*) jam satelit. Data ini sering juga disebut sebagai AODC (*age of data clock*), sebuah keterangan tentang tingkat reliabilitas koreksi jam satelit.
2. *Subframe* 2 dan 3 memberikan informasi tentang posisi satelit (efemeris satelit) dan yg disebut sebagai *broadcast ephemeris*.
3. *Subframe* 4 berisi informasi untuk koreksi atmosfer. Namun demikian, seperti halnya *subframe* 1, informasi tersebut hanya mampu mengurangi sebagian kesalahan yg ada.
4. *Subframe* 5 berisi informasi tentang almanak satelit. Almanak satelit adalah data yg menginformasikan kepada receiver dimana satelit GPS yg lain berada. *Subframe* ini berisi efemeris dari seluruh 24 satelit yg beroperasi. Berbeda dengan *broadcast ephemeris*, data almanak berisi informasi kasar tentang posisi satelit. Data ini digunakan untuk membantu receiver untuk "lock on" ke satelit. *Subframe* 5 juga berisi data *satellite health* yg menginformasikan kondisi satelit. Hal ini dikarenakan pada

waktu tertentu suatu satelit kemungkinan bermasalah dengan sistemnya, sebagian besar karena masalah jam satelit.

Masing-masing dari kelima *subframe* dimulai dengan dua kata: TLM (*telemetry word*) dan HOW (*Hand Over Word*) yg di-generate oleh masing-masing satelit. TLM didesain untuk proses *upload* data dari Segmen Kontrol ke Satelit. Sedangkan HOW berisi angka yg disebut sebagai *Z count*, angka yg digunakan *receiver* untuk mendapatkan kode P. *Z count* menginformasikan kepada *receiver* dimana satelit sebenarnya berada saat kode P di pancarkan.

2.2.8 Format Data Keluaran GPS

Format data keluaran GPS ditetapkan oleh NMEA (*National Maritime Electronic Assiciation*) dan dapat dikoneksikan ke komputer melalui port komunikasi serial dengan menggunakan kabel RS-232 atau media perangkat serial seperti mikrokontroller. Untuk sekarang ini, format yang sering digunakan sebagai standar data keluaran GPS adalah format NMEA 0183.

Data keluaran dalam format NMEA 0183 berbentuk kalimat (*string*) yang merupakan rangkaian karakter ASCII 8 bit. Setiap kalimat diawali dengan satu karakter '\$', dua karakter *Talker Idi*, tiga karakter *Sentence ID*, dan diikuti oleh *data fields* yang masing-masing dipisahkan oleh koma serta diakhiri oleh *optional checksum* dan karakter *carriage return/line feed* (CR/LF). Jumlah maksimum karakter dihitung dari awal kalimat (\$) sampai akhir kalimat (CR/LF) adalah 82 karakter.

Format dasar data NMEA 0183 : \$aacc,c---c*hh<CR><LF> ^[9]

Keterangan :

- aa = Talker ID, menandakan jenis atau peralatan navigasi yang digunakan;
- ccc = Sentence ID, menandakan jenis informasi yang tergantung dalam kalimat;
- c---c = Data *fields*, berisi data-data navigasi hasil pengukuran,
- hh = *optional* checksum, untuk pengecekan kesalahan (*error*) kalimat.
- <CR><LF> = *carriage return/line feed*, menandakan akhir kalimat.

Jenis *talker ID* yang ada pada spesifikasi NMEA 0183 untuk data keluaran GPS *receiver* adalah GP. Sedangkan untuk jenis *Sentence ID* terdapat tujuh macam data yang dapat ditampilkan yaitu:

1. GGA adalah data tetap GPS.
2. GLL adalah posisi geografis yaitu latitude/longitude
3. GSA adalah GNSS DOP dan satelit yang aktif, yaitu penurunan akurasi dan jumlah satelit yang aktif pada *Global Satellite Navigation System*.
4. GSV adalah satelit GNSS dalam jangkauan.
5. RMC adalah spesifikasi data minimal GNSS yang direkomendasikan.
6. VTG adalah jalur dan kecepatan.
7. ZDA adalah waktu dan penanggalan.

Informasi berikut ini menjelaskan kalimat NMEA-0183 yang dikirim oleh GPS receiver teletype.

1. \$GPGGA Output :

\$GPGGA,180432.00,4027.027912,N,08704.857070,W,2,07,1.0,212.15,

M,-33.81,M,4.2,0555*73

Tabel 2.2 Tabel NMEA Output \$GPGGA^[17]

Bidang Data	Nilai	Deskripsi
(1)	(2)	(3)
1	180432.00	UTC dari penentuan posisi dalam format hhmmss.ss (18 jam, 4 menit dan 32 detik)
2	4027.027912	Latitude geografis dalam format ddm.mmmmm.m (40 derajat dan 27.027912 menit)
3	N	Arah dari latitude (N – North, S – South)
4	08704.857070	Longitude geografis dalam format dddmm.mmmmm.m (87 derajat dan 4.85707 menit)
5	W	Arah dari longitude (E – East, W – West)
6	2	Indikator kualitas GPS (0 – penentuan tidak valid, 1 – penentuan GPS, 2 – penentuan DGPS)
7	07	Jumlah satelit yang digunakan (00-12)
8	1.0	DOP Horisontal
9	212.15	Referansi tinggi antenna diatas MSL (Mean Sea Level / rata – rata permukaan)

		air)
10	M	Satuan dari altitude (meter)
11	-33.81	Perpisahan geoidal (-33.81 m)
12	M	Unit of geoidal separation (meters) Satuan dari perpisahan geoidal (meter)
13	4.2	Masa dari data simpanan diferensial GPS
14	0555	Base station ID (0000-1023)

2. \$GPGLL Output :

\$GPGLL,4027.027912,N,08704.857070,W,180432.00,A,D*7A

Tabel 2.3 Tabel NMEA Output \$GPGGL^[17]

Bidang Data	Nilai	Deskripsi
(1)	(2)	(3)
1	4027.027912	Latitude geografis dalam ormat ddmm.mmmmm.m (40 derajat dan 27.027912 menit)
2	N	Arah dari latitude (N – North, S – South)
3	08704.857070	Longitude geografis dalam format dddmm.mmmmm.m (87 derajat dan 4.85707 menit)
4	W	Arah dari longitude (E – East, W – West)
5	180432.00	UTC dari penentuan posisi dalam format hhmmss.ss (18 jam, 4 menit dan

		32 detik)
6	A	'A' menunjukkan bahwa data valid
7	D	Mode indikasi (A– autonomous, D– differential, N–data tidak valid)

3. \$GPRMC Output:

\$GPRMC,180432,A,4027.027912,N,08704.857070,W,000.04,181.9,131000,1.8,
W,D*25

Tabel 2.4 Tabel NMEA Output \$GPRMC^[17]

Bidang Data	Nilai	Deskripsi
(1)	(2)	(3)
1	180432	UTC dari penentuan posisi dalam format hhmmss.ss (18 jam, 4 mnt dan 32 detik)
2	A	Status (A-data valid,V-peringatan)
3	4027.027912	Latitude geografis dalam format ddm. mmmmm.m (40 derajat dan 27.027912 menit)
4	N	Arah dari latitude (N–North, S–South)
5	08704.857070	Longitude geografis dalam format dddmm.mmmmm.m (87 derajat dan 4.85707 menit)
6	W	Arah dari longitude (E–East, W–West)
7	000.04	Kecepatan diatas tanah (0.04 knot)
8	181.9	Track made good (heading) (181.9°)
9	131000	Tanggal dalam format ddmmyy (Oktober 13, 2000)
10	1.8	Variasi kompas(1.8°)

11	W	Arah dari variasi kompas (E-East, Wwest)
12	D	Mode indikasi (A-autonomous, Ddifferensial, N-data tidak valid)

4. \$ GPGSV Kalimat (Satelit dalam tampilan)

Contoh (sinyal tidak diperoleh): \$ GPGSV, 1,1,01,21,00,000, * 4B

Contoh (sinyal yang diperoleh):

\$ GPGSV, 3,1,10,20,78,331,45,01,59,235,47,22,41,069,, 13,32,252,45 * 70

Tabel 2.5 Tabel NMEA Output \$GPGSV^[17]

Kalimat	Nilai	Deskripsi
Kalimat ID	\$ GPGSV	
Jumlah pesan	3	Jumlah pesan dalam pesan lengkap (1-3)
Urut	1	Urutan jumlah entri ini (1-3)
Satelit dalam pandangan	10	
Satellite ID 1	20	Rentang 1-32
Elevation 1	78	Elevasi dalam derajat (00-90)
Azimuth 1	331	Azimuth dalam derajat (0-359)
SNR 1	45	Sinyal terhadap kebisingan ransum di dBHZ (0-99)
Satellite ID 2	01	Rentang 1-32
Ketinggian 2	59	Elevasi dalam derajat (00-90)

Azimuth 2	235	Azimuth dalam derajat (0-359)
SNR 2	47	Sinyal terhadap kebisingan ransum di dBHZ (0-99)
Satellite ID 3	22	Rentang 1-32
Elevasi 3	41	Elevasi dalam derajat (00-90)
Azimuth 3	069	Azimuth dalam derajat (0-359)
SNR 3		Sinyal terhadap kebisingan ransum di dBHZ (0-99)
Satellite ID 4	13	Rentang 1-32
Elevation 4	32	Elevasi dalam derajat (00-90)
Azimuth 4	252	Azimuth dalam derajat (0-359)
SNR 4	45	Sinyal terhadap kebisingan ransum di dBHZ (0-99)
Checksum	* 70	
Terminator	CR / LF	

5. \$PTNL,GGK Output :

\$PTNL,GGK,180432.00,101300,4027.0279123,N,08704.8570697,W,4,07,1.7,EH
T178.340,M*6

Tabel 2.6 Tabel NMEA Output \$PTNL, GGK^[17]

Bidang Data	Nilai	Deskripsi
(1)	(2)	(3)
1	180432.00	UTC dari penentuan posisi dalam format hhmss.ss (18 jam, 4

		menit dan 32 detik)
2	131000	Tanggal dalam format ddmmyy (Oktober 13, 2000)
3	4027.0279123	Latitude geografis dalam format ddmm.mmmmm.m (40 derajat dan 27.027912 menit)
4	N	Arah dari latitude (N – North, S – South)
5	08704.8570697	Longitude geografis dalam format dddmm.mmmmm.m (87 derajat dan 4.85707 menit)
6	W	Arah dari longitude (E – East, W – West)
7	4	Indikator kualitas GPS (0 – penentuan tidak valid, 1 – penentuan GPS, 2 – penentuan DGPS)
8	07	Jumlah satelit yang digunakan (00- 12)
9	1.7	Penentuan DOP
10	EHT178.340	Tinggi antenna diatas ellipsoid (178.34 m)
11	M	Satuan tinggi dari ellipsoid (meter)

2.2.9 Penentuan Posisi dengan GPS

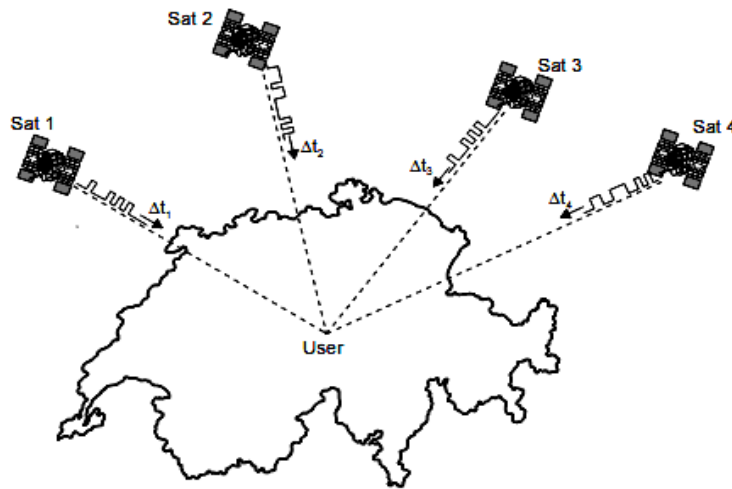
Pada dasarnya penentuan posisi dengan GPS adalah pengukuran jarak secara bersama-sama ke beberapa satelit (yang koordinatnya telah diketahui) sekaligus. Untuk menentukan koordinat suatu titik di bumi, *receiver* setidaknya membutuhkan 4 satelit yang dapat ditangkap sinyalnya dengan baik. Secara *default* posisi atau koordinat yang diperoleh bereferensi ke *global datum* yaitu *World Geodetic System 1984* atau disingkat WGS'84.

Secara garis besar penentuan posisi dengan GPS ini dibagi menjadi dua metode yaitu metode *absolut* dan metode relatif. Beberapa kesalahan dalam penentuan posisi dengan metode *absolut* ini antara lain disebabkan oleh : *efek multipath*, *efek selective availability* (SA) maupun kesalahan karena ketidaksinkronan antara peta kerja dan *setting* yang dilakukan saat menggunakan GPS.

2.2.10 Persamaan Dasar untuk Menemukan Posisi User

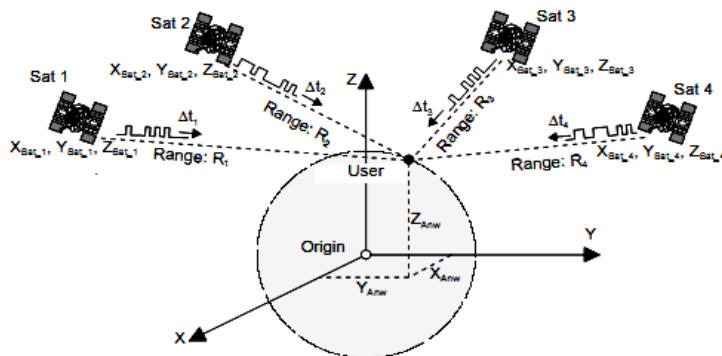
1. Prinsip pengukuran sinyal waktu transit (evaluasi *pseudo-range*)

Agar penerima GPS dapat menentukan posisi yang akurat maka user sebaiknya menerima sinyal lebih dari 1 satelit dan pada contoh kali ini dari 4 satelit yang berbeda (sat1.....sat4), untuk menghitung sinyal waktu transit $\Delta t_1, \dots, \Delta t_4$ (Gambar 2.6).



Gambar 2.6 User Menerima Sinyal dari Empat Satelit yang Berbeda^[17]

Perhitungan dilakukan dalam sistem koordinat Kartesian dengan sebuah *geometric origin* (Gambar 2.7). Jarak user dari keempat satelit (R_1 , R_2 , R_3 , dan R_4) dapat dihitung dengan bantuan waktu sinyal transit antara keempat satelit dengan user. Jika lokasi X_{sat} , Y_{sat} , dan Z_{sat} keempat satelit diketahui, maka koordinat user dapat dihitung.



Gambar 2.7 Sistem Koordinat Tiga Dimensi^[17]

Sehubungan dengan *atomic clocks* pada satelit, dimana waktu sinyal satelit yang ditransmisikan diketahui sangat tepat. Semua waktu satelit disesuaikan atau disinkronkan satu sama lain dan dikoordinasi dengan waktu universal. Sebaliknya

waktu pada *receiver* tidak *sinkron* dengan UTC sehingga dapat lebih cepat atau lebih lambat sebesar Δt_0 . Δt_0 bertanda positif jika jam *user* lebih cepat. Jika resultan waktu Δt_0 *error* menyebabkan pengukuran sinyal *transit* dan jarak R tidak akurat. Sehingga menyebabkan kesalahan ukur yang dikenal dengan nama jarak semua atau *pseudo-range* PSR.

$$\Delta t_{measured} = (\Delta t + \Delta t_0) \dots \dots \dots (2.1)^{[17]}$$

$$PSR = \Delta t_{measured} \cdot c = (\Delta t + \Delta t_0) \cdot c \dots \dots \dots (2.2)^{[17]}$$

$$PSR = R + \Delta t_0 \cdot c \dots \dots \dots (2.3)^{[17]}$$

Dimana :

R = jarak satelit dari user

c = kecepatan cahaya

Δt = waktu sinyal transit dari satelit ke user

Δt_0 = perbedaan antara waktu satelit dengan waktu user

PSR = *Pseudo-range*

Jarak (R) dari satelit ke *user* dapat dihitung dengan sistem koordinat kartesian yaitu :

$$R = \sqrt{(X_{Sat} - X_{User})^2 + (Y_{Sat} - Y_{User})^2 + (Z_{Sat} - Z_{User})^2} \dots \dots \dots (2.4)^{[17]}$$

Dengan memasukkan persamaan (2.4) ke persamaan (2.3) diperoleh

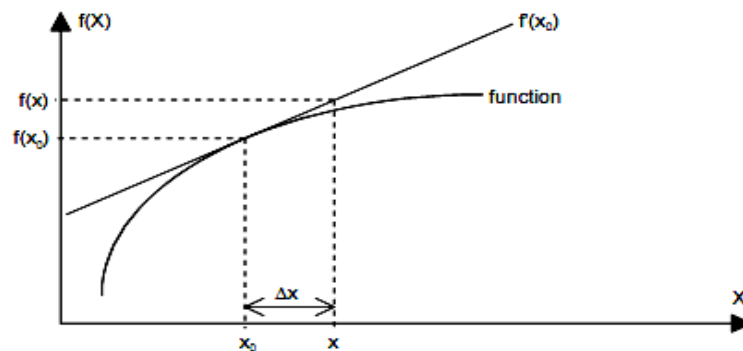
$$PSR = \sqrt{(X_{Sat} - X_{User})^2 + (Y_{Sat} - Y_{User})^2 + (Z_{Sat} - Z_{User})^2} + c \cdot \Delta t_0 \quad (2.5)^{[17]}$$

Sehingga persamaan untuk satelit ke-i (1 – 4) maka persamaannya

$$PSR_i = \sqrt{(X_{Sat_i} - X_{User})^2 + (Y_{Sat_i} - Y_{User})^2 + (Z_{Sat_i} - Z_{User})^2} + c \cdot \Delta t_0 \quad (2.6)^{[17]}$$

2. Linearisasi Persamaan

Empat persamaan yang dihasilkan oleh persamaan (2.6) untuk keempat satelit tersebut merupakan persamaan yang tidak linear. Untuk memecahkan persoalan tersebut maka fungsi akar pertama dilinearisasikan dengan menggunakan deret Taylor, hanya bagian pertama yang menggunakannya (gambar 2.8).



Gambar 2.8 Konversi dari Deret Taylor^[15]

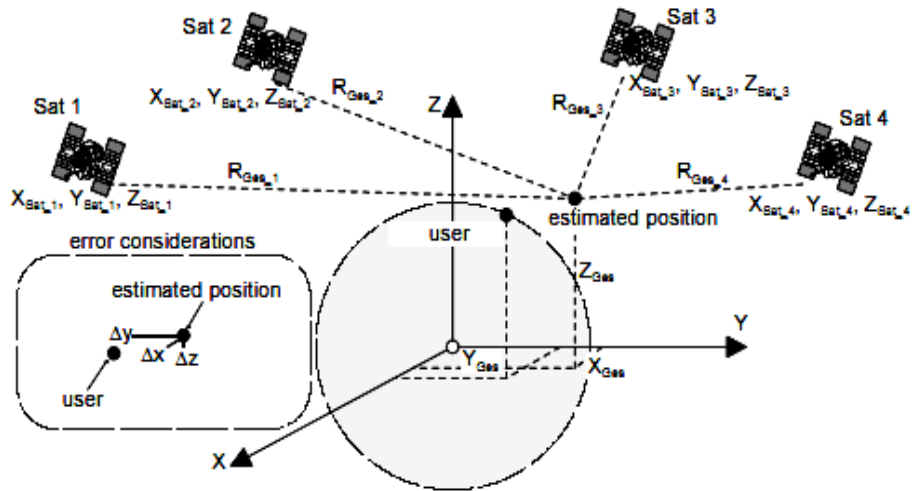
Secara umum (dengan $\Delta x = x - x_0$) :

$$f(x) = F(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!} \cdot \Delta x + \frac{f''(x_0)}{2!} \cdot \Delta x^2 + \frac{f'''(x_0)}{3!} \cdot \Delta x^3 + \dots \quad (2.7)^{[17]}$$

Disederhanakan (bagian pertama saja) :

$$f(x) = f(x_0) + f'(x_0) \cdot \Delta x \dots \dots \dots \quad (2.8)^{[17]}$$

Untuk sistem GPS, tidak menghitung secara langsung nilai-nilai X_{Anw} , Y_{Anw} dan Z_{Anw} . Posisi X_{Ges} , Y_{Ges} dan Z_{Ges} diperkirakan dan akan digunakan di awal.



Gambar 2.9 Perkiraan Posisi^[15]

Posisi diperkirakan mencakup hasil *error* oleh variabel yang tidak diketahui Δ_x , Δ_y , dan Δ_z .

$$X_{ANW} = X_{Ges} + \Delta x$$

$$Y_{ANW} = Y_{Ges} + \Delta y$$

$$Z_{ANW} = Z_{Ges} + \Delta z \dots \dots \dots (2.9)^{[17]}$$

Jarak R_{Ges} dari keempat satelit ke posisi yang diperkirakan dapat dihitung dengan cara yang sama :

$$PSR_{Ges_i} = \sqrt{(X_{Sat_i} - X_{Ges})^2 + (Y_{Sat_i} - Y_{Ges})^2 + (Z_{Sat_i} - Z_{Ges})^2} \dots \dots \dots (2.10)^{[17]}$$

Persamaan (2.10) dikombinasikan dengan persamaan (2.6) dan (2.8) menghasilkan :

$$PSR_i = R_{Ges_i} + \frac{\delta(R_{Ges_i})}{\delta x} \cdot \Delta x + \frac{\delta(R_{Ges_i})}{\delta y} \cdot \Delta y + \frac{\delta(R_{Ges_i})}{\delta z} \cdot \Delta z + c \cdot \Delta t_0 \dots \dots \dots (2.11)^{[17]}$$

Setelah melakukan differensial parsial, diperoleh :

$$PSR_i = R_{Ges_i} + \frac{X_{Ges} - X_{Sat_i}}{R_{Ges_i}} \cdot \Delta x + \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_i}}{R_{Ges_i}} \cdot \Delta y + \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_i}}{R_{Ges_i}} \cdot \Delta z + c \cdot \Delta t_0 \dots \dots \dots (2.12)^{[17]}$$

3. Pemecahan Persamaan

Setelah mentransposisi persamaan (2.12) (untuk $i=1 - 4$) keempat variabel (Δ_x , Δ_y , Δ_z , dan Δt_0) sekarang dapat diselesaikan dengan menggunakan aljabar linear :

$$\begin{bmatrix} PSR_1 - R_{Ges_1} \\ PSR_2 - R_{Ges_2} \\ PSR_3 - R_{Ges_3} \\ PSR_4 - R_{Ges_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X_{Ges} - X_{Sat_1}}{R_{Ges_1}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_1}}{R_{Ges_1}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_1}}{R_{Ges_1}} & C \\ \frac{X_{Ges} - X_{Sat_2}}{R_{Ges_2}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_2}}{R_{Ges_2}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_2}}{R_{Ges_2}} & C \\ \frac{X_{Ges} - X_{Sat_3}}{R_{Ges_3}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_3}}{R_{Ges_3}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_3}}{R_{Ges_3}} & C \\ \frac{X_{Ges} - X_{Sat_4}}{R_{Ges_4}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_4}}{R_{Ges_4}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_4}}{R_{Ges_4}} & C \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \\ \Delta t_0 \end{bmatrix} \quad (2.13)^{[17]}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \\ \Delta t_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X_{Ges} - X_{Sat_1}}{R_{Ges_1}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_1}}{R_{Ges_1}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_1}}{R_{Ges_1}} & C \\ \frac{X_{Ges} - X_{Sat_2}}{R_{Ges_2}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_2}}{R_{Ges_2}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_2}}{R_{Ges_2}} & C \\ \frac{X_{Ges} - X_{Sat_3}}{R_{Ges_3}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_3}}{R_{Ges_3}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_3}}{R_{Ges_3}} & C \\ \frac{X_{Ges} - X_{Sat_4}}{R_{Ges_4}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_4}}{R_{Ges_4}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_4}}{R_{Ges_4}} & C \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} PSR_1 - R_{Ges_1} \\ PSR_2 - R_{Ges_2} \\ PSR_3 - R_{Ges_3} \\ PSR_4 - R_{Ges_4} \end{bmatrix} \quad (2.14)^{[17]}$$

Solusi dari Δ_x , Δ_y , Δ_z digunakan untuk menghitung ulang posisi X_{Ges} , Y_{Ges} , dan Z_{Ges} sesuai dengan persamaan (2.9).

$$\begin{aligned} X_{Ges_Neu} &= X_{Ges_Alt} + \Delta x \\ Y_{Ges_Neu} &= Y_{Ges_Alt} + \Delta y \\ Z_{Ges_Neu} &= Z_{Ges_Alt} + \Delta z \dots\dots\dots (2.15)^{[17]} \end{aligned}$$

Estimasi nilai X_{Ges_Neu} , Y_{Ges_Neu} , Z_{Ges_Neu} , dapat dimasukkan ke dalam persamaan (14) dengan menggunakan proses iteratif normal, sampai komponen error Δ_x , Δ_y , Δ_z menjadi lebih kecil dari kesalahan yang diinginkan. Tergantung pada estimasi awal, tiga sampai lima perhitungan iteratif umumnya dilakukan untuk menghasilkan kesalahan kurang dari 1 cm.

Dalam rangka menentukan posisi, pengguna/*user (software receiver)* akan menggunakan nilai dari pengukuran terakhir atau memperkirakan posisi baru dan menghitung komponen kesalahan Δ_x , Δ_y , Δ_z , dengan mengulang iterasi sampai kesalahan mendekati nol atau nol. Sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} X_{Anw} &= X_{Ges_Neu} \\ Y_{Anw} &= Y_{Ges_Neu} \\ Z_{Anw} &= Z_{Ges_Neu} \dots\dots\dots (2.16)^{[17]} \end{aligned}$$

Nilai yang dihitung Δ_{t_0} kesalahan waktu penerima dapat digunakan untuk mengatur jam penerima.

2.2.11 DOP (*Dilution of Precision*)

DOP adalah istilah yang menggambarkan kekuatan akurasi dari konfigurasi geometri satelit. Ketika satelit yang muncul berdekatan di atas langit, geometrinya menjadi lemah dan DOP-nya tinggi. Namun ketika berjauhan maka geometrinya menjadi kuat dan nilai DOP menjadi rendah. Sehingga dengan rendahnya nilai DOP maka kekakuratan posisi GPS menjadi lebih baik karena adanya separasi sudut yang luas dari satelit-satelit yang digunakan dalam memperhitungakan posisi unit GPS.

Dalam prakteknya, berbagai bentuk DOP digunakan, tergantung pada kebutuhan. Misalnya, untuk keperluan umum posisi GPS, pengguna mungkin tertarik dalam meneliti efek dari geometri satelit pada kualitas yang dihasilkan posisi 3-D (lintang, bujur, dan ketinggian) konstelasi satelit. Hal ini dapat dilakukan dengan memeriksa nilai PDOP.

PDOP dapat dibagi menjadi dua komponen: Horizontal Dilution of Precision (HDOP) dan Vertikal Dilution of Precision (VDOP). Dan oleh karena pengguna GPS hanya dapat melacak satelit dengan prioritas horisontal, maka VDOP akan selalu lebih besar daripada HDOP. Akibatnya, resolusi vertikal GPS akan kurang tepat dibandingkan dengan resolusi horisontal. nilai VDOP dapat ditingkatkan oleh supplementing GPS dengan cara menggabungkannya dengan sensor lain, misalnya: pseudolites. DOP lainnya yang umum digunakan ialah Time Dilution of Precision (TDOP) dan Geometry Dilution of Precision (GDOP). GDOP merupakan gabungan efek dari PDOP dan TDOP.

GDOP sering diinterpretasikan secara kasar sebagai perbandingan antara eror posisi dengan eror jarak. Bayangkan ada segiempat yang terbentuk oleh garis penghubung empat satelit dan receiver. Semakin besar volume tetrahedron maka semakin baik nilai GDOPnya. Semakin kecil tetrahedron semakin buruk nilai GDOP. Semakin banyak satelit yang terdeteksi semakin baik pula nilai GDOP-nya. Semakin bebas lokasi dari penghalang maka semakin baik nilai GDOP-nya. Nilai GDOP harus dibawah 5 bagi para pengguna GPS Geodetic/ surveying applications.

Tabel 2.7 Nilai DOP beserta Keterangannya

Nilai	Keterangan
1	Ideal tingkat keakuratan yang tinggi
2 – 3	Bagus sekali pengukuran cukup akurat, kecuali aplikasi tertentu
4 – 6	Bagus ketelitian minimum dalam pengambilan

	keputusan
7 – 8	Moderat Pengukuran kurang direkomendasikan
9 – 20	Cukup hanya untuk pengukuran secara kasar (bukan detail)
21 – 50	Lemah pengukuran, mesti dihindari.

2.3 Roadmap Penelitian

1. Abidin, Wan Azlan Bin Wan Zainal Abidin, 2008. *Measurement of Mobile Satellite Signal using Handheld GPS Receiver at Mid- and Low- Latitude Regions*. Fukuoka, Japan. Penelitian tersebut dilakukan di daerah lintang menengah (mid-latitude region) dan daerah lintang rendah (low-latitude region) dengan menggunakan parameter-parameter SNR, sudut elevasi dan azimut. Penelitian ini dilakukan secara *fixed* dengan sudut *receiver* berbeda-beda, dan dianalisis untuk setiap satelit. pengukuran performansi kekuatan sinyal pada sistem GPS dilakukan pada lokasi Sarawak, Malaysia dan Fukuoka, Jepang. Parameter yang dijadikan referensi adalah pengaruh kekuatan sinyal terima, kondisi lingkungan, perubahan sudut elevasi dan azimuth terhadap *fading* yang dihasilkan. Sehingga didapatkan karakteristik dari lokasi pengukuran sinyal terima berdasarkan pada analisa data yang diperoleh.
2. S, Agus Widanarto dan Tachiransyah, Muhammad, 2012, *Rekonstruksi Data Penerimaan GPS LOS/NLOS serta Aplikasinya pada Sistem Komunikasi*. Universitas Hasanuddin Makassar. Penelitian tersebut dilakukan di daerah unhas dengan memilih 3 lokasi dan waktu

pengambilan data berbeda-beda (pagi, sore, dan malam) serta sudut penerimaan GPS yang berbeda-beda (90° , 45° dan 135°). Penelitian ini dilakukan secara *fixed* dan menganalisis mengenai *signal strength*.

3. Sarwono, Bagus dan Irawan, Ary. 2012. *Analisa dan Pengukuran Signal Strength Mobile Satelit pada Land Mobile yang Berbeda*. Universitas Hasanuddin Makassar. Penelitian tersebut dilakukan pada daerah Unhas secara mobile dan membatasi penelitian pada *signal strength*.

Merujuk pada ketiga penelitian di atas, maka peneliti akan mencoba untuk menggabungkan proses penelitian tersebut, dengan menganalisis penerimaan GPS secara *fixed* dan secara *mobile*, serta menggunakan jenis lokasi yang berbeda-beda pada daerah-daerah di kota Makassar, sehingga karakteristik propagasi daerah kota Makassar secara umum dapat diketahui.