



TUGAS AKHIR - RG 141536

PENGARUH KOREKSI BIAS IONOSFER TERHADAP HASIL KOORDINAT PENGAMATAN GPS *SINGLE FREQUENCY* MENGGUNAKAN MODEL *KLOBUCHAR*

Ririn Wuri Rahayu
NRP 033114 4000 0079

Dosen Pembimbing
Mokhammad Nur Cahyadi, ST, M.Sc, Ph.D
Dr. Buldan Muslim, M.Si

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR – RG 141536

**PENGARUH KOREKSI BIAS IONOSFER TERHADAP
HASIL KOORDINAT PENGAMATAN GPS *SINGLE
FREQUENCY* MENGGUNAKAN MODEL *KLOBUCHAR***

RIRIN WURI RAHAYU
NRP 0331 1440000 079

Dosen Pembimbing
Mokhamad Nur Cahyadi, ST, M.Sc, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT – RG 141536

**THE INFLUENCE OF IONOSPHERIC DELAY
CORRECTION FOR SINGLE FREQUENCY
RECEIVER COORDINATES RESULT USING
KLOBUCHAR MODEL**

RIRIN WURI RAHAYU
NRP 0331 1440000 079

Supervisor :
Mokhamad Nur Cahyadi, ST, M.Sc, Ph.D

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Environment and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PENGARUH KOREKSI BIAS IONOSFER TERHADAP HASIL KOORDINAT PENGAMATAN GPS *SINGLE FREQUENCY* MENGGUNAKAN MODEL *KLOBUCHAR*

Nama Mahasiswa : Ririn Wuri Rahayu
NRP : 0331144000079
Jurusan : Teknik Geomatika FTLSK-ITS
Pembimbing : M. Nur Cahyadi, ST, M.Sc, Ph.D.
Dr. Buldan Muslim M.Si.

ABSTRAK

Sinyal satelit GPS dipengaruhi oleh beberapa faktor kesalahan, di antaranya penundaan sinyal GPS oleh ionosfer. Pada GPS *single frequency* bias ini dapat dikoreksi menggunakan Model Klobuchar, yang memperkirakan penundaan waktu ionosfer hingga 50% atau lebih. Untuk menggunakan model Klobuchar membutuhkan delapan koefisien Klobuchar (α_n , β_n , untuk $n = 1,2,3,4$) dan disediakan melalui pesan navigasi. Koefisien *Klobuchar* didapatkan dari perhitungan data pengamatan GPS yang terdistribusi di seluruh dunia dengan metode yang tidak terpublikasi. Dalam Tugas ini, satu set koefisien *Klobuchar* dihitung menggunakan data pengamatan GPS lokal sehari sebelumnya dan digunakan sebagai parameter navigasi pada hari selanjutnya untuk menentukan koordinat titik pengamat. Tugas akhir ini melakukan perhitungan nilai *Delay ionosphere* dan *Total Electron Content* selama waktu pengamatan menggunakan algoritma *Klobuchar*. Hasil tugas akhir ini didapatkan nilai koordinat meningkat sebesar 26,015% dengan menggunakan koefisien lokal.

Kata Kunci : Bias ionosfer, GPS *Single Frequency*, Model *Klobuchar*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

THE INFLUENCE OF IONOSPHERIC DELAY CORRECTION FOR SINGLE FREQUENCY RECEIVER COORDINATES RESULT USING KLOBUCHAR MODEL

Nama : Ririn Wuri Rahayu
NRP : 03311440000079
Departement : Geomatics Engineering
Supervisor : Mokhamad Nur Cahyadi, ST, M.Sc, Ph.D
Dr. Buldan Muslim M.Si.

ABSTRACT

GPS satellite signals are influenced by several kinds of error factors, among which the GPS signal delay by the ionosphere. For GPS single frequency receiver this delay can be estimated using Klobuchar Model, which estimate ionospheric time delay up to 50% or more. In order to use the Klobuchar model requires eight Klobuchar coefficients (α_n , β_n , for $n=1,2,3,4$) and they are provided through the navigation messages. Klobuchar coefficients are calculated by combining the worldwide distributed GPS station's observation data with unpublished method. In this thesis, a set of new Klobuchar Ionospheric model coefficient computed on ground using previous data and broadcasted as secondary navigation parameters to the user to determine the user's coordinates. This thesis estimated the Ionospheric delay, and Total Electron Content of ionosphere during the time of observation using the Klobuchar algorithm. As a result, is obtained by increasing the coordinate value of 26.015% by using local coefficients.

Keyword : Ionospheric delay, GPS Single Frequency, Klobuchar model

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH KOREKSI BIAS IONOSFER TERHADAP HASIL KOORDINAT PENGAMATAN GPS *SINGLE FREQUENCY* MENGGUNAKAN MODEL *KLOBUCHAR*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RIRIN WURI RAHAYU
NRP. 03311440000079

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Mokhamad Nur Cahyadi, ST, M.Sc. Ph.D (.....)
NIP. 19811223 2005011 002
2. Dr. Buldan Muslim, M.Si (.....)
NIP. 19650726 199110 1 001

SURABAYA, AGUSTUS 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga pelaksanaan tugas akhir berjalan lancar dan pembuatan laporan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Koreksi Bias Ionosfer Terhadap Hasil Koordinat Pengamatan GPS *Single Frequency* Menggunakan Model *Klobuchar*” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penyusunan laporan ini tidak terlepas dari peran berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Alm. Bapak Agus Suyitno dan Ibu Riyani serta keluarga besar yang telah senantiasa memberikan doa, dukungan serta motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini
2. Bapak Mokhamad Nur Cahyadi, ST., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika FTLSK-ITS, sekaligus dosen pembimbing tugas akhir.
3. Bapak Yanto Budi Susanto, ST. M.Eng selaku koordinator Tugas Akhir, terimakasih atas semua bantuan dan kesempatan yang diberikan
4. Bapak Dr. Buldan Muslim M.Si. dari instansi Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), selaku pembimbing, atas kebaikan dan dedikasinya dalam memberikan bimbingan hingga terselesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Teknik Geomatika FTLSK-ITS, yang telah memberikan semangat, harapan, dukungan, ilmu dan bimbingannya.
6. Seluruh teman-teman mahasiswa Teknik Geomatika FTLSK-ITS 2014 yang telah menjadi keluarga seperjuangan yang memberikan arti saling memiliki dan rasa saling membantu sejak awal menjadi mahasiswa hingga akhir pengerjaan tugas akhir ini.

7. Semua pihak-pihak yang telah banyak membantu, yang tidak mungkin penulis sebutkan satu per satu.

Dengan segala keterbatasan, Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun penulis harapkan untuk pengembangan di masa yang akan datang. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak dan diterima sebagai sumbangan pemikiran dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	vii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penentuan Posisi Ekstra Terstris	5
2.2 GPS	6
2.3 Sinyal GPS	7
2.4 Data Pengamatan GPS	12
2.5 Metode Pengukuran GPS	13
2.6 Bias dan Kesalahan	20
2.7 Bias Ionosfer	24
2.8 Kombinasi Bebas Ionosfer	25
2.9 Model <i>Klobuchar</i>	26
2.10 Perhitungan Koefisien <i>Klobuchar</i>	28
2.11 TEC (<i>Total Electron Content</i>)	30
2.12 RTKLIB	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Lokasi Penelitian	33
3.2 Data dan Peralatan	34
3.3 Metodologi Penelitian	39
3.3.1 Tahapan Pelaksanaan	39

3.3.2 Tahapan Pengolahan	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 Analisa Hasil Koefisien <i>Klobuchar</i>	45
4.2 Analisa Hasil <i>Delay Ionosphere</i> dan TEC	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Metode Penentuan Posisi Ekstra-Terestris	5
Gambar 2. 2 Informasi dari sinyal GPS.....	8
Gambar 2. 3 Struktur dan Parameter Dasar Komponen Sinyal.....	8
Gambar 2. 4 Prinsip penentuan jarak (pseudorange) dengan kode	9
Gambar 2. 5 Format pesan navigasi	10
Gambar 2. 6 Data dan Informasi yang Dibawa Oleh Gelombang	11
Gambar 2. 7 Pengertian VTEC dan STEC	30
Gambar 3. 1 Lokasi penelitian	33
Gambar 3. 2 Titik Pengamatan.....	34
Gambar 3. 3 <i>TOPCON Hiper Pro</i>	35
Gambar 3. 4 <i>Hi Target V30x</i>	37
Gambar 3. 5 Diagram Alir Pelaksanaan	40
Gambar 3. 6 Diagram Alir Pengolahan Data	43
Gambar 4. 1 Grafik perubahan $d\alpha$ dan $d\beta$	45
Gambar 4. 2 Perubahan nilai <i>Delay ionosphere</i>	46
Gambar 4. 3 Perubahan nilai <i>TEC</i>	48
Gambar 4. 4 Grafik perbedaan standard deviasi pada setiap metode pengolahan.....	51

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Metoda Penentuan Posisi Menggunakan GPS.....	20
Tabel 3. 1 Spesifikasi TOPCON Hiper Pro.....	35
Tabel 3. 2 Spesifikasi Hi Target V30x	37
Tabel 4. 1 Hasil Koefisien <i>Klobuchar</i>	45
Tabel 4. 2 Perbandingan nilai <i>Delay ionosphere</i>	47
Tabel 4. 3 Perbandingan nilai TEC	49
Tabel 4. 4 Data Koordinat Geodetik	51
Tabel 4. 5 Data Koordinat UTM dan Standar Deviasi	51
Tabel 4. 6 <i>Mean error</i> terhadap metode 1	52
Tabel 4. 7 Perubahan <i>Mean error</i> pada Metode 3 terhadap Metode 2	53
Tabel 4. 8 Perubahan <i>Mean error</i> pada Metode 4 terhadap Metode 2	53
Tabel 4. 9 Perubahan <i>Mean error</i> pada Metode 4 terhadap Metode 3	54

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sinyal GPS dipengaruhi oleh beberapa kesalahan dan bias. Kesalahan dan bias tersebut mempengaruhi akurasi dari posisi yang diperoleh. Salah satu sumber kesalahan terbesar dalam pengukuran menggunakan GPS adalah bias ionosfer.

Bias ionosfer terjadi ketika sinyal GPS dibiaskan oleh elektron bebas di ionosfer, dan jumlah kesalahan yang dihasilkan oleh bias ionosfer bergantung pada lokasi pengamat, waktu, dan aktivitas matahari. Bias ionosfer terjadi dalam ukuran sentimeter sampai meter selama aktivitas matahari sedang, namun dapat terjadi hingga lebih dari 150 m selama aktivitas matahari yang parah (Komjathy dkk. 2002). Pada Mei 2000, pemerintah Amerika mengumumkan bahwa kesalahan akibat bias ionosfer dianggap sebagai faktor kesalahan terbesar yang mempengaruhi akurasi posisi GPS. Karena bias ionosfer mengakibatkan penurunan akurasi GPS pada *Standard Positioning Service* (Yuan dkk. 2007).

Untuk menghilangkan kesalahan akibat bias ionosfer, perlu dilakukan koreksi bias ionosfer. GPS *dual frequency* yang menerima frekuensi L1 dan L2 dapat menghilangkan sebagian besar kesalahan ionosfer melalui kombinasi bebas ionosfer. Namun, biaya penggunaan GPS *dual frequency* relatif mahal, dan karena itu jika penentuan posisi tidak memerlukan akurasi observasi dalam satuan milimeter hingga centimeter, GPS *single frequency* umumnya digunakan. Tetapi, karena GPS *single frequency* hanya menerima satu frekuensi (L1), maka kombinasi bebas ionosfer tidak dapat digunakan dalam pengolahan data GPS *single frequency*.

Sampai saat ini, untuk mereduksi kesalahan bias ionosfer pada GPS *single frequency* umumnya menggunakan pendekatan model atau algoritma. Diantaranya, model *Klobuchar*, Bent, IRI,

ICED dan FAIM. Model *Klobuchar* adalah model yang paling banyak digunakan, karena strukturnya sederhana dan perhitungannya mudah (Yuan dkk. 2008). Untuk menggunakan model *Klobuchar*, diperlukan delapan koefisien *Klobuchar*, α_n , β_n ($n = 1, 2, 3, 4$) yang terdapat pada *Broadcast Messages*. Menurut Schaer (2003) dalam Yuan (2008), Pusat Penentuan Orbit di Eropa (CODE) memberikan serangkaian waktu model koefisien *Klobuchar*, yang didapat dari penggabungan data pengamatan GPS IGS terdistribusi di seluruh dunia dengan metode yang tidak dipublikasikan. Penelitian Hernandez pada tahun 2003 menunjukkan bahwa kombinasi data pengamatan GPS dari banyak stasiun pengamatan internasional GNSS (IGS) yang disebarakan secara global dan beberapa stasiun GPS jaringan regional. Hal tersebut yang mendasari penelitian Yuan (2008) untuk mempelajari koefisien *Klobuchar* dan mengembangkan sebuah metode untuk meningkatkan akurasi model *Klobuchar*.

Berdasarkan hasil penelitian Yuan (2008), didapatkan kesimpulan bahwa akurasi posisi pengamatan GPS *single frequency* dapat meningkat dengan menggunakan koefisien yang telah dikembangkan menggunakan model *Klobuchar*. Tugas akhir ini terinspirasi dari penelitian Yuan (2008), dengan menggunakan metode yang telah dikembangkan dalam penelitian tersebut. Tugas akhir ini akan melakukan perhitungan koefisien *Klobuchar* dengan menggunakan data pengamatan GPS geodetik lokal, koefisien hasil perhitungan akan disebut sebagai Koefisien *Klobuchar* lokal dan koefisien dari *Broadcast Messages* akan disebut sebagai Koefisien *Klobuchar* global. Kemudian melakukan perhitungan posisi koordinat pada titik pengamatan GPS *single frequency* menggunakan RTKLIB dan perubahan akurasi yang dihasilkan koefisien *Klobuchar* lokal.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana penentuan koefisien *Klobuchar* menggunakan data pengamatan GPS lokal ?
2. Berapa besar perubahan nilai *Delay ionosphere* dan *Total Electron Content* yang dihasilkan oleh koefisien *Klobuchar* lokal ?
3. Berapa besar perubahan akurasi koordinat yang dihasilkan oleh koefisien *Klobuchar* lokal?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini sebagai berikut.

1. Penelitian ini menjelaskan bagaimana proses perhitungan koefisien *Klobuchar* dengan menggunakan data pengamatan GPS lokal.
2. Penelitian ini menggunakan data pengamatan GPS Geodetik penerima frekuensi ganda pada 19-20 Mei 2018 dan penerima frekuensi tunggal pada 20 Mei 2018. Dimana data penerima frekuensi ganda pada tanggal 19 Mei 2018 digunakan sebagai data model *Klobuchar* dan data pada 20 Mei 2018 sebagai data pembanding koordinat hasil pengamatan penerima frekuensi tunggal.
3. Penelitian ini hanya melakukan koreksi terhadap bias ionosfer, dan tidak melakukan koreksi terhadap kesalahan pengamatan GPS yang lainnya.
4. Dalam penentuan besar perubahan akurasi koordinat, koordinat yang dianggap sebagai *fixed* koordinat adalah koordinat dari pengamatan GPS *dual frequency*. Sehingga dalam hal ini perubahan akurasi yang dimaksud adalah perubahan dari koordinat koefisien global ke koordinat koefisien lokal.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui proses perhitungan koefisien *Klobuchar* menggunakan data pengamatan GPS lokal
2. Mengetahui besar perubahan nilai *Delay ionosphere* dan *Total Electron Content* yang dihasilkan oleh koefisien *Klobuchar* lokal
3. Mengetahui besar perubahan akurasi koordinat yang dihasilkan oleh koefisien *Klobuchar* lokal

1.5 Manfaat Penelitian

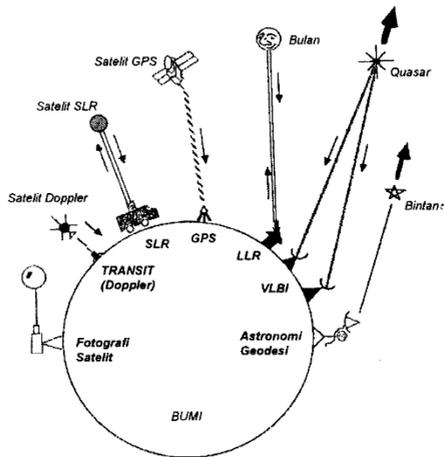
Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian Tugas Akhir ini adalah meningkatkan akurasi hasil koordinat pengamatan GPS *single frequency*, sehingga dapat digunakan setara dengan GPS *dual frequency*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penentuan Posisi Ekstra Terstris

Dalam penentuan posisi titik di permukaan bumi terdapat metode terestris dan ekstra-terestris. Metode terestris dilakukan dengan pengukuran dan pengamatan secara langsung di permukaan Bumi. Sedangkan metode ekstraterestris merupakan metode penentuan posisi dengan melakukan pengukuran atau pengamatan dengan memanfaatkan objek/benda di angkasa, baik yang bersifat alam (bulan, bintang dan quasar) maupun buatan manusia seperti satelit. Ada beberapa metode pada penentuan posisi ekstra-terestris hingga saat ini, seperti astronomi geodesi, fotogrametri satelit, SLR (*Satellite Laser Ranging*), LLR (*Lunar Laser Ranging*), VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*), Transit (Doppler), dan GPS (*Global Positioning System*), yang diilustrasikan seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Metode Penentuan Posisi Ekstra-Terestris
(Sumber: Abidin 2006)

Saat ini metode penentuan posisi ekstra-terestris yang paling populer dan paling banyak dipergunakan adalah GPS (Abidin 2006). Namun juga terdapat sistem satelit lain seperti GLONASS milik Rusia dan Galileo milik komunitas Eropa. Saat ini metode fotografi satelit sudah tidak digunakan lagi dan sistem satelit Doppler dan astronomi geodesi sudah jarang dipergunakan. Sedangkan metode SLR, LLR, dan VLBI umumnya digunakan untuk kegiatan ilmiah yang menuntut ketelitian posisi yang sangat tinggi.

2.2 GPS

GPS adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit milik Amerika Serikat. Memiliki nama formal NAVSTAR GPS yang merupakan kependekan dari "*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*". Sistem ini dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam berbagai kondisi cuaca, didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti dan juga informasi mengenai waktu dan kontinyu di seluruh dunia (Abidin 2007).

Satelit GPS beroperasi dengan menggunakan sistem waktunya sendiri. Sistem waktu tersebut didefinisikan oleh jam – jam atom yang berada pada setiap satelit GPS. Semua frekuensi yang dibangkitkan di satelit serta waktu pentransmisian untuk kode C/A, kode P(Y), dan pesan navigasi mengacu pada sistem waktu tersebut. Meskipun begitu perlu dicatat bahwa data yang berada dalam pesan navigasi adalah mengacu ke sistem waktu GPS.

Sistem waktu GPS adalah sistem waktu berskala kontinyu yang didefinisikan oleh jam (atom) utama yang berada di *Master Control Station* (MCS) GPS di Colorado Springs. Sistem waktu GPS bereferensi ke sistem waktu UTC (*Universal Time Coordinated*) yang dikelola oleh USNO (*United States Naval Observatory*). Karena adanya *leap second* pada skala sistem waktu UTC, serta adanya *drift*

pada jam MCS, maka sistem waktu GPS tidak identik dengan sistem waktu UTC. Kedua sistem tersebut dihubungkan dengan sistem waktu IAT (*International Atomic Clock*) dengan persamaan berikut :

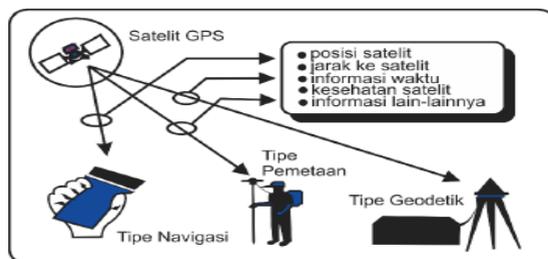
$$\text{IAT} = \text{GPS} + 19.^{\circ}000 \text{ Persamaan} \quad (2.1)$$

$$\text{IAT} = \text{UTC} + (1.^{\circ}000).n \text{ Persamaan} \quad (2.2)$$

Nilai bilangan integer n secara formal diumumkan oleh IERS (*International Earth Rotation Service*). Waktu GPS dinyatakan dengan bilangan minggu serta (jumlah) detik sejak awal minggu pada saat tersebut. Waktu GPS berubah dari 0 pada tengah malam antara Sabtu dan Minggu, sampai 604800 di akhir minggu. Bilangan minggu GPS dimulai pada tanggal 5 Januari 1980 jam 00:00 UTC. Pesan navigasi GPS mengandung parameter – parameter koreksi untuk mengkonversikan sistem waktu satelit ke sistem waktu GPS.

2.3 Sinyal GPS

Dalam memberikan informasi, GPS memberikan sinyal tentang posisi satelit maupun penerima, waktu, jarak melalui transmisinya ke bumi. Sinyal GPS juga digunakan untuk menginformasikan kelayakgunaan (kesehatan) satelit kepada si pengamat, serta informasi pendukung lainnya seperti parameter untuk perhitungan koreksi jam satelit, parameter model ionosfer satu frekuensi (model Klobuchar), transformasi waktu GPS ke UTC (*Universal Time Coordinate*), dan status konstelasi satelit (Abidin 2006).



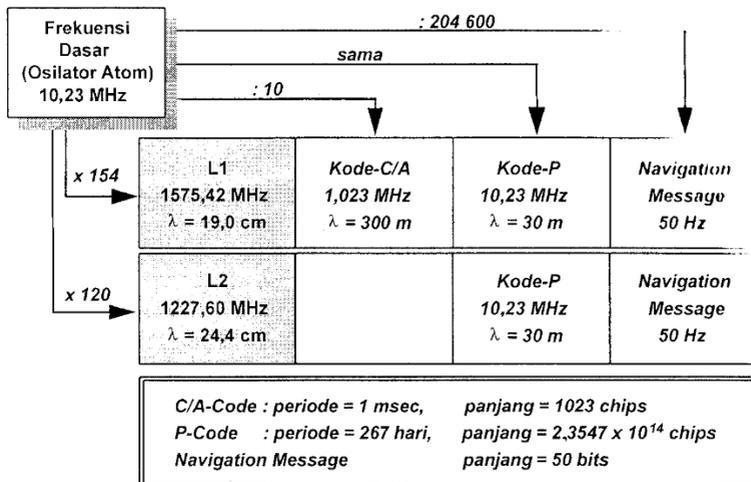
Gambar 2. 2 Informasi dari sinyal GPS

(Sumber: Abidin 2006)

Pada dasarnya sinyal GPS dapat dibagi menjadi tiga komponen yaitu :

- Penginformasian jarak (kode) yang berupa P(Y) dan kode C/A,
- Penginformasian posisi satelit (*navigation message*), dan
- Gelombang pembawa (*carrier wave*) L1 dan L2.

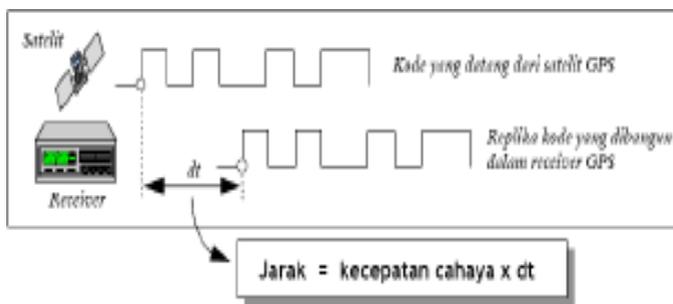
Sinyal GPS menggunakan rentang frekuensi-L dari spektrum gelombang elektromagnetik. Struktur frekuensi dan parameter dasar komponen sinyal GPS ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut :



Gambar 2. 3 Struktur dan Parameter Dasar Komponen Sinyal (Sumber: Abidin 2006)

2.3.1 Penginformasian jarak (kode)

Ada dua kode *pseudo-random noise* (PRN) yang dikirimkan oleh satelit GPS dan digunakan sebagai penginformasian jarak, yaitu kode-P (P = *Precise* atau *Private*) dan kode-C/A (C/A = *Coarse Aquisition* atau *Clear Access*). Kode – C/A merupakan rangkaian dari 1023 bilangan biner yang berulang setiap satu milidetik (*msec*) dan sekitar 300 meter dalam unit jarak. Pada kode C/A hanya dimodulasikan pada gelombang pembawa L1. Kode –P merupakan rangkaian bilangan biner yang sangat panjang, yaitu $2,3547 \times 10^{14}$. Kode –P tersebut dibentuk dengan kecepatan 10 kali lebih cepat dibandingkan dengan kode C/A, yaitu 10,23 juta *chips* per detik. Sehingga untuk kode –P mempunyai panjang gelombang sekitar 30 meter. Kode –P dimodulasikan pada kedua gelombang pembawa L1 dan L2. Prinsip pengukuran jarak yang digunakan adalah dengan membandingkan kode yang diterima dari satelit dengan kode replika yang diformulasikan di dalam receiver, seperti yang digambarkan berikut ini.

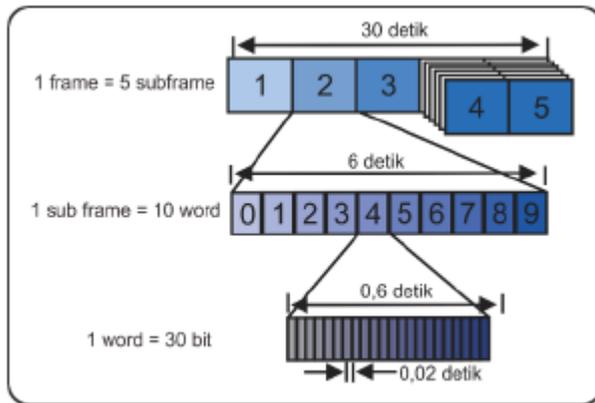


Gambar 2. 4 Prinsip penentuan jarak (pseudorange) dengan kode
(Sumber: Abidin 2006)

2.3.2 Penginformasian posisi satelit (*navigation message*)

Salah satu informasi yang dikirimkan oleh sinyal GPS adalah pesan navigasi (*navigation message*) yang berisi informasi tentang koefisien koreksi jam satelit, parameter orbit, almanac satelit, UTC, parameter koreksi ionosfer, serta informasi spasial lainnya seperti status konstelasi dan kesehatan satelit. Pesan navigasi tersebut ditentukan oleh segmen sistem kontrol dan dikirimkan (*broadcast*) ke pengguna menggunakan satelit GPS. Salah satu informasi yang terkandung dalam pesan navigasi GPS adalah ephemeris (orbit) satelit yang biasa disebut *broadcast ephemeris* (Abidin 2006).

Gambar 2. 5 Format pesan navigasi
(Sumber : Abidin 2006)



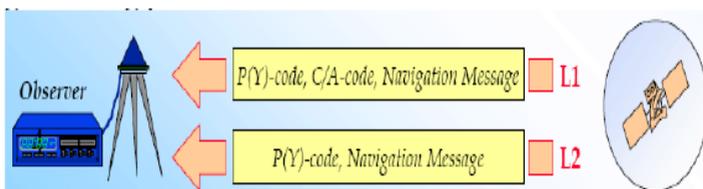
Broadcast ephemeris ditentukan oleh sistem kontrol GPS dalam dua tahap. Pada tahap pertama, ephemeris referensi ditentukan berdasarkan data pengamatan GPS (*Pseudorange* dan fase) selama 7 hari dari semua stasiun monitor (proses *off-line*), dengan menggunakan program perhitungan orbit.

Pada tahap kedua yang merupakan proses on-line, perbedaan - perbedaan antara hasil pengamatan yang terbaru dari stasiun monitor dengan ephemeris referensi diturunkan, dan kemudian diproses dengan menggunakan kode *kalman filtering* untuk memprediksi besarnya koreksi – koreksi bagi ephemeris referensi (Seeber 1993, lihat juga pada Abidin 2006).

2.3.3 Gelombang pembawa (*carrier wave*)

Gelombang pembawa pada GPS yaitu L1 dan L2. Gelombang L1 membawa kode-kode P(Y) dan C/A beserta pesan navigasi, sedangkan gelombang L2 membawa kode P(Y) dan pesan navigasi. Agar gelombang pembawa dapat ‘membawa’ data kode dan pesan navigasi, maka data tersebut harus ditumpangkan ke gelombang pembawa. Dengan kata lain, gelombang pembawa dimodulasikan oleh kode dan pesan navigasi. Proses pemodulasian sinyal GPS melalui dua tahap yaitu *binary-to-binary modification of code* dan tahap *binary biphase modulation*. Pada tahap pertama, *navigation message* ditumpangkan ke kode $-P(Y)$ dan kode C/A. Sedangkan pada tahap kedua, masing – masing kode telah ‘membawa’ *navigation message* ditumpangkan ke gelombang pembawa L1 dan L2.

Gambar 2. 6 Data dan Informasi yang Dibawa Oleh Gelombang



(Sumber : Abidin 2006)

2.4 Data Pengamatan GPS

Data pengamatan dasar GPS adalah waktu tempuh (Δt) dari kode – kode P dan C/A serta fase (*carrier phase*, ϕ) dari gelombang pembawa L1 dan L2. Pada kegiatan pengamatan, dapat diamati sebagian atau seluruh jenis pengamatan tersebut tergantung pada jenis dan tipe alat penerima sinyal GPS yang digunakan (Abidin 2006). Hasil pengamatan tersebut terkait dengan posisi pengamatan (x,y,z) serta parameter – parameter lainnya melalui hubungan yang diformulasikan sebagai berikut:

$$P_i = \rho + dp + dtrop + dioni + (dt - dT) + MP_i + \theta P_i \quad (2.3)$$

$$L_i = \rho + dp + dtrop - dioni + (dt - dT) + MC_i - \lambda_i \cdot Ni + \theta Ci \quad (2.4)$$

dimana :

- P_i = c.Δt_i
= *pseudorange* pada frekuensi f_i (m), (i = 1,2)
- L_i = λ_i.φ_i
= jarak fase (*carrier range*) pada frekuensi f_i (m), (i = 1,2)
- ρ (m) = jarak geometris antara pengamat dengan satelit
- c = kecepatan cahaya dalam vakum (m/s)
- λ = panjang gelombang dari sinyal (m)
= c/f (f adalah frekuensi)
- dp = kesalahan jarak yang disebabkan oleh kesalahan *ephemeris* (orbit)
- dtrop = bias yang disebabkan oleh refraksi troposfer (m)
- dioni = bias yang disebabkan oleh refraksi ionosfer (m) pada frekuensi f_i
- dt,dT = kesalahan dan *offset* jam *receiver* dan jam satelit (m)

MP_i, MC_i = efek *multipath* pada hasil pengamatan P_i dan L_i (m)

N_1, N_2 = *ambiguitas phase* dari fase sinyal – sinyal L_1 dan L_2 (dalam jumlah gelombang)

$\vartheta P_i, \vartheta C_i$ = gangguan (*noise*) pada hasil pengamatan (m)

2.5 Metode Pengukuran GPS

Konsep dasar pada penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan kebelakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui (Abidin, H.Z, 2007). Pada pelaksanaan pengukuran penentuan posisi dengan GPS, pada dasarnya ada dua jenis/tipe alat penerima sinyal satelit (receiver) GPS yang dapat digunakan, yaitu :

1. Tipe Navigasi digunakan untuk penentuan posisi yang tidak menuntut ketelitian tinggi.
2. Tipe Geodetik digunakan untuk penentuan posisi yang menuntut ketelitian tinggi.

Posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi 3 dimensi (x, y, z atau φ, λ, h) yang dinyatakan dalam datum WGS (World Geodetic System) 1984, sedangkan tinggi yang diperoleh adalah tinggi ellipsoid.

Pada pengukuran GPS masing-masing memiliki empat parameter yang harus ditentukan yaitu 3 parameter koordinat x, y, z atau L, B, h dan satu parameter kesalahan waktu akibat perbedaan sinkronasi jam osilator di satelit dengan jam di receiver GPS. Oleh karena itu, diperlukan minimal pengukuran jarak ke empat satelit. Metode penentuan posisi dengan GPS pertama-tama dibagi dua, yaitu metode absolut, dan metode diferensial. Masing-masing metode dapat dilakukan dengan *carareal time* dan atau *post-processing*. Apabila obyek yang ditentukan posisinya diam, maka metodenya disebut statik. Sebaliknya, disebut kinematik.

- Metode absolut atau juga dikenal sebagai point positioning, menentukan posisi hanya berdasarkan pada 1 pesawat penerima (receiver) saja. Ketelitian posisi dalam beberapa meter (tidak berketelitian tinggi) dan umumnya hanya diperuntukan bagi keperluan navigasi.
- Metode relatif atau sering disebut differential positioning, menentukan posisi dengan menggunakan lebih dari sebuah receiver. Satu GPS dipasang pada lokasi tertentu dimuka bumi dan secara terus menerus menerima sinyal dari satelit dalam jangka waktu tertentu dijadikan sebagai referensi bagi yang lainnya. Metode ini menghasilkan posisi berketelitian tinggi (umumnya kurang dari 1 meter) dan diaplikasikan untuk keperluan survei geodesi ataupun pemetaan yang memerlukan ketelitian tinggi.

Metode differensial dibagi menjadi 2, yaitu (post processing dan real time):

- Real Time
Maksud dari "real time" adalah alat navigasi yang menggunakan sinyal SBAS ataupun DGPS secara langsung saat digunakan. SBAS (Satelite Based Augmentation System) secara umum dapat dikatakan adalah DGPS yang menggunakan satelit. Cakupan areanya jauh lebih luas dibandingkan dengan DGPS yang memakai stasiun darat.
- Post processing
Post processing adalah data yang dikumpulkan oleh alat navigasi di proses ulang dengan menggunakan data dari stasiun darat DGPS. DGPS (Differential Global Positioning System) adalah sebuah sistem atau cara untuk meningkatkan GPS, dengan menggunakan stasiun darat, yang memancarkan koreksi lokasi.

Dengan sistem ini, maka ketika alat navigasi menerima koreksi dan memasukkannya kedalam perhitungan, maka akurasi alat navigasi tersebut akan meningkat. Oleh karena menggunakan stasiun darat, maka sinyal tidak dapat mencakup area yang luas. Metode post processing dibagi menjadi 4 yaitu:

a. Penentuan posisi secara static (static positioning).

Penentuan posisi secara static adalah penentuan posisi dari titik-titik yang diam. Penentuan posisi tersebut dapat dilakukan secara absolut ataupun diferensial, dengan menggunakan data pseudorange atau data fase. Dibandingkan dengan metode kinematik, ukuran lebih pada suatu titik pengamatan yang diperoleh dengan metode static biasanya lebih banyak. Hal ini yang menyebabkan keandalan dan ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif lebih tinggi. Salah satu bentuk implementasi dari metode penentuan posisi static adalah survey GPS dalam penentuan koordinat dari titik-titik control untuk keperluan pemetaan ataupun pemanfaatan fenomena deformasi dan geodinamika.

Pada prinsipnya survey GPS bertumpu pada metode-metode penentuan posisi static secara diferensial dengan menggunakan data fase. Penentuan posisi relatif atau metode differensial adalah menentukan posisi suatu titik relatif terhadap titik lain yang telah diketahui koordinatnya. Pengukuran dilakukan secara bersamaan pada dua titik dalam selang waktu tertentu. Selanjutnya, data hasil pengamatan diproses dan dihitung sehingga akan didapat perbedaan koordinat kartesian 3 dimensi (dx , dy , dz) atau disebut juga dengan baseline antar titik yang diukur.

Dalam hal ini pengamatan satelit GPS umumnya dilakukan baseline per baseline selama selang waktu tertentu (beberapa puluh menit hingga beberapa jam tergantung tingkat ketelitian yang diinginkan) dalam suatu kerangka titik-titik yang akan ditentukan posisinya.

Karakteristik umum dari metode penentuan posisi ini adalah sebagai berikut:

- Memerlukan minimal dua receiver, satu ditempatkan pada titik yang telah diketahui koordinatnya.
- Posisi titik ditentukan relatif terhadap titik yang diketahui.
- Konsep dasar adalah differencing process, dapat mengeliminir atau mereduksi pengaruh dari beberapa kesalahan dan bias.
- Bisa menggunakan data pseudorange atau fase.
- Ketelitian posisi yang diperoleh bervariasi dari tingkat mm sampai dengan dm.
- Aplikasi utama: survei pemetaan, survei penegasan batas, survei geodesi dan navigasi dengan ketelitian tinggi.

Pada survey GPS, pemrosesan data GPS untuk menentukan koordinat dari titik-titik dalam kerangka umumnya akan mencakup tiga tahapan utama, yaitu :

- Pengolahan data dari setiap baseline dalam kerangka.
- Perataan jaringan yang melibatkan semua baseline untuk menentukan koordinat dari titik-titik dalam kerangka.
- Transformasi koordinat titik-titik tersebut dari datum WGS 84 ke datum yang dibutuhkan pengguna. Pengolahan data dari setiap baseline GPS pada dasarnya adalah bertujuan menentukan nilai estimasi vektor baseline atau koordinat relatif (dX , dY , dZ).

Proses estimasi yang digunakan umumnya berbasis metode kuadrat terkecil (least Square).

b. Penentuan Posisi secara Kinematik.

Penentuan posisi secara kinematic adalah penentuan posisi dari titik-titik yang bergerak dan receiver GPS tidak dapat atau tidak mempunyai kesempatan untuk berhenti pada titik-titik tersebut. Penentuan Posisi kinematik ini dapat dilakukan secara absolut ataupun diferensial dengan menggunakan data pseudorange dan/atau fase. Hasil penentuan posisi bisa diperlukan saat pengamatan (Real time) atau sesudah pengamatan (post processing). Untuk real time differential positioning diperlukan komunikasi data antara stasiun referensi dengan receiver yang bergerak. Beberapa karakteristik dari metode kinematik yaitu :

- Metode ini harus berbasis penentuan posisi diferensial yang menggunakan data fase.
- Masalah utama dari penentuan posisi kinematik teliti adalah penentuan ambiguitas fase secara on the fly, yaitu penentuan ambiguitas fase pada saat receiver sedang bergerak dalam waktu sesingkat mungkin.
- Penentuan ambiguitas secara on the fly akan meningkatkan ketelitian, keandalan, dan fleksibilitas dari penentuan ambiguitas posisi kinematik.
- Saat ini dikenal beberapa teknik penentuan ambiguitas fase secara on the fly.
- Hasil penentuan posisi bisa diperlukan saat pengamatan (real time) ataupun sesudah pengamatan (post processing).
- Untuk moda real time, diperlukan komunikasi data antara stasiun referensi dengan receiver yang bergerak.

c. Penentuan Posisi Statik Singkat.

Metode penentuan posisi dengan survei statik singkat (rapid static) pada dasarnya adalah survei statik dengan waktu pengamatan yang lebih singkat yaitu 5-20 menit. Prosedur operasional lapangan pada survei statik singkat adalah sama seperti pada survei statik, hanya selang waktu pengamatannya yang lebih singkat. Oleh sebab itu disamping memerlukan perangkat lunak yang handal dan canggih, metode statik singkat juga memerlukan geometri pengamatan yang baik, tingkat residu kesalahan dan bias yang relatif rendah, serta lingkungan pengamatan yang relatif tidak menimbulkan multipath.

Terdapat beberapa hal yang perlu di catat yaitu :

- Survei statik singkat mempunyai tingkat produktivitas yang lebih tinggi, karena waktu pengamatan satu sesi relative singkat.
- Metode survei statik singkat memerlukan receiver GPS serta piranti lunak pemrosesan data yang lebih canggih dan lebih modern.
- Metode survei statik singkat relatif kurang fleksibel dalam hal spesifikasi pengamatan.
- Metode survei statik singkat relatif lebih rentan terhadap efek kesalahan dan bias.

d. Penentuan Posisi Pseudo Kinematik.

Metode Pseudo Kinematik yang kadang disebut juga sebagai metode intermittent ataupun metode reoccupation, pada dasarnya dapat dilihat sebagai realisasi dari dua metode statik singkat (lama pengamatan beberapa menit) yang dipisahkan oleh selang waktu yang relatif cukup lama (sekitar sampai beberapa jam). Pada metode ini, pengamatan dalam dua sesi yang berselang waktu relatif lama dimaksudkan untuk meliputi perubahan geometri yang cukup besar, sehingga diharapkan dapat mensukseskan penentuan ambiguitas fase serta mendapatkan ketelitian posisi yang relatif baik.

Dalam hal ini, perhitungan vektor baseline dilakukan dengan menggunakan data gabungan dari dua sesi pengamatan tersebut. Dalam pelaksanaan di lapangan, selang waktu antara dua sesi pengamatan yang singkat tersebut dapat digunakan untuk mengamati baseline-baseline lainnya. Harus dicatat bahwa metode pseudo kinematik ini adalah metode survei dengan waktu pengamatan singkat yang baik untuk digunakan ketika kondisi lapangan maupun pengamatan tidak sesuai untuk penerapan metode statik singkat ataupun metode stop and go.

e. Penentuan Posisi Stop and Go.

Penentuan posisi stop and go adalah salah satu metode survei penentuan posisi titik-titik dengan GPS, yang disebut juga sebagai metode semi kinematik. Pada metode ini titik-titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak (statik), sedangkan receiver GPS bergerak dari titik-titik dimana pada setiap titiknya receiver yang bersangkutan diam beberapa saat di titik-titik tersebut. Umumnya metode stop and go diaplikasikan dengan mode post processing. Beberapa hal yang perlu dicatat yaitu :

- Metode Stop and Go harus berbasiskan pada metode penentuan posisi diferensial dengan menggunakan data fase, sedangkan metode kinematik tidak perlu, kecuali untuk penentuan posisi kinematik yang teliti.
- Pada kedua metode tersebut, penentuan ambiguitas fase secara benar adalah suatu hal yang esensial untuk memperoleh posisi yang relatif teliti. Hal ini bisa dilakukan dengan metode-metode yang bersifat statik ataupun metode on the fly.
- Jika penentuan ambiguitas fase dapat dilakukan secara on the fly dengan tingkat keandalan yang tinggi maka pada kedua metode ini terjadinya cycle slip pada pengamatan fase selama pergerakan receiver tidak menjadi masalah.

- Metode kinematik umumnya memerlukan interval perekaman data yang lebih singkat dibandingkan dengan metode stop and go.
- Kedua metode memerlukan kondisi pengamatan yang baik untuk mencapai ketelitian posisi yang relatif tinggi.
- Kedua metode dapat diimplementasikan dalam moda real time maupun post processing.

Berikut ini dalam Tabel 2.1 adalah beberapa metode penentuan posisi dengan menggunakan GPS.

Tabel 2. 1 Metoda Penentuan Posisi Menggunakan GPS
(Sumber : Abidin, H.Z, 2006)

Metode	Absolute (1 receiver)	Differensial (min 2 receiver)	Titik	Receiver
Static	V	V	Diam	Diam
Kinematik	V	V	Bergerak	Bergerak
Rapid static		V	Diam	Diam (singkat)
Pseudo Kinematik		V	Diam	Diam dan bergerak
Stop and go		V	Diam	Diam dan bergerak

2.6 Bias dan Kesalahan

Kesalahan dan bias GPS pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi (Abidin 2006):

- Kesalahan ephemeris (orbit)**, yaitu kesalahan dimana orbit satelit yang dilaporkan oleh ephemeris satelit tidak sama dengan orbit satelit yang sebenarnya. Kesalahan ini akan mempengaruhi ketelitian dari koordinat titik-titik.

Kesalahan orbit satelit GPS pada dasarnya disebabkan oleh kekurangtelitian pada proses perhitungan orbit satelit, kesalahan dalam prediksi orbit untuk periode waktu setelah *uploading* ke satelit, dan penerapan kesalahan orbit yang sengaja diterapkan.

- b. Bias Ionosfer.** Jumlah elektron dan ion bebas pada lapisan ionosfer tergantung pada besarnya intensitas radiasi matahari serta densitas gas pada lapisan tersebut. Bias ionosfer akan mempengaruhi kecepatan, arah, polarisasi, dan kekuatan sinyal GPS. Ionosfer akan memperlambat *pseudorange* (ukuran jarak menjadi lebih panjang) dan mempercepat fase (ukuran jarak menjadi lebih pendek).
- c. Bias Troposfer.** Lapisan troposfer merupakan atmosfer netral yang berbatasan dengan permukaan Bumi dimana temperatur menurun dengan membesarnya ketinggian. Lapisan ini memiliki ketebalan 9-16 km. Disini sinyal GPS akan mengalami refraksi, yang menyebabkan perubahan pada kecepatan dan arah sinyal GPS. Efek utama dari troposfer sangat berpengaruh pada kecepatan, atau dengan kata lain terhadap hasil ukuran jarak. Pada lapisan ini *pseudorange* dan fase diperlambat. Dan besar magnitude bias troposfer pada kedua data pengamatan tersebut adalah sama.
- d. Multipath,** yaitu fenomena dimana sinyal dari satelit tiba di antena GPS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda. Hal ini disebabkan karena sinyal dipantulkan oleh benda-benda disekitar antena sebelum tiba di antena.

Benda-benda tersebut dapat berupa jalan raya, gedung, danau, dan kendaraan. Perbedaan panjang lintasan menyebabkan sinyal-sinyal tersebut berinterferensi ketika tiba di antena yang pada akhirnya menyebabkan kesalahan pada hasil pengamatan. Dan mempengaruhi hasil ukuran *pseudorange* maupun *carrier phase*.

- e. **Ambiguitas Fase (*Cycle Ambiguity*)**, yaitu jumlah gelombang penuh yang tidak terukur oleh receiver GPS. Sepanjang *receiver* GPS mengamati sinyal secara kontinu (tidak terjadi *cycle slip*), maka ambiguitas fase akan selalu sama harganya untuk setiap epok.
- f. **Cycle Slips**, adalah ketidak-kontinyuan dalam jumlah gelombang penuh dari fase gelombang pembawa yang diamati, karena receiver yang disebabkan oleh satu dan lain hal 'terputus'.
- g. **Selective Availability**, adalah metode yang pernah diaplikasikan untuk memproteksi ketelitian posisi absolut secara *real-time*. Dilakukan oleh pihak militer Amerika Serikat, sebagai pemilik dan pengelola GPS, secara sengaja dengan menerapkan kesalahan-kesalahan berikut, yaitu:
 - Kesalahan waktu satelit (*dithering technique* atau SA- δ), memanipulasi frekuensi dari jam satelit
 - Kesalahan ephemeris satelit (*epsilon technique* atau SA- ϵ), memanipulasi data ephemeris dalam pesan navigasi yang dikirimkan satelit
- h. **Anti Spoofing**, suatu kebijakan dari DoD Amerika Serikat, dimana kode-P dari sinyal GPS diubah menjadi kode-Y.

- i. **Kesalahan Jam**, kesalahan jam *receiver* dan jam satelit. Kesalahan dari salah satu jam, apakah itu dalam bentuk offset waktu, offset frekuensi, ataupun *frequency drift* akan langsung mempengaruhi ukuran jarak, baik *pseudorange* maupun jarak fase. Ketelitian ukuran jarak *pseudorange* yang diperoleh akan sangat tergantung pada ketelitian dari dt
- Kesalahan Jam Satelit
 - Kesalahan Jam *Receiver*, *receiver* GPS umumnya dilengkapi dengan jam (osilator) kristal quartz. Komponen kesalahan pada ukuran jarak ke satelit yang disebabkan oleh kesalahan jam receiver akan lebih besar daripada yang disebabkan oleh kesalahan jam satelit.
- j. **Pergerakan dari Pusat Fase Antena**, pusat fase antena adalah pusat radiasi yang sebenarnya, dan dalam konteks GPS merupakan titik referensi yang sebenarnya digunakan dalam pengukuran sinyal secara elektronik. Karena sumber radiasi yang ideal tersebut sulit direalisasikan pada antena GPS, maka pusat fase antena GPS umumnya akan berubah-ubah tergantung pada elevasi dan azimuth satelit serta intensitas sinyal dan lokasinya akan berbeda untuk sinyal L1 dan L2.
- k. **Imaging**, yaitu fenomena yang melibatkan suatu benda konduktif (konduktor) yang berada dekat dengan antena GPS, seperti reflektor berukuran besar maupun *groundplane* dari antena itu sendiri. Fenomena ini seolah-olah menjadi antena tersendiri yang dapat dilihat sebagai ‘bayangan’ (*image*) dari antena yang sebenarnya.

2.7 Bias Ionosfer

Ionosfer adalah bagian dari lapisan atas atmosfer dimana terdapat sejumlah ion bebas yang mempengaruhi perambatan gelombang sinyal satelit, yang terletak kira-kira 20.000 km diatas permukaan bumi. Keberadaan lapisan ini penting dalam komunikasi dan aplikasi teknologi yang menggunakan gelombang elektromagnetik, karena atmosfer mampu memantulkan gelombang pendek pada rentang frekuensi tertentu. Lapisan ionosfer terbentuk akibat sinar ultraviolet dari matahari mengenai atom-atom netral di lapisan atas atmosfer bumi. Energi dari ultraviolet ekstrim ini cukup untuk mengionisasi atom-atom netral tersebut, sehingga terbentuk ion-ion (Taufiqurrahman 2010).

Elektron-elektron bebas di ionosfer ini akan berpengaruh pada sinyal GPS yang melaluinya. Pengaruh ini berupa perlambatan kecepatan sinyal kode GPS saat menjalar melalui ionosfer sehingga waktu propagasi dari satelit sampai penerima GPS akan mendapat tambahan waktu yang tergantung pada *Total Electron Content* (TEC) ionosfer dan frekuensi sinyal GPS yang digunakan. TEC adalah jumlah elektron sepanjang lintasan antara dua titik (*point*) yang dinyatakan dalam satuan TECU (TEC Unit) di mana 1 TECU sebesar 10^{16} elektron/m². Dengan perlambatan (*delay*) di ionosfer ini menyebabkan pengukuran jarak satelit ke penerima GPS berdasarkan pengukuran waktu propagasi akan mengalami kesalahan sehingga penentuan posisi GPS menggunakan metode reseksi jarak akan mengalami kesalahan pengukuran. Untuk penentuan posisi presisi tinggi, TEC ionosfer perlu diestimasi sehingga dapat digunakan untuk koreksi kesalahan pengukuran jarak satelit GPS. Perlambatan di ionosfer ini merupakan faktor kesalahan utama dalam penentuan posisi GPS maka diperlukan suatu koreksi ionosfer sehingga didapat penentuan posisi GPS yang lebih presisi.

2.8 Kombinasi Bebas Ionosfer

Satelit GPS terletak diatas permukaan bumi setinggi 20.000 km yang mengirimkan sinyal gelombang mikro dengan dua gelombang pembawa (L1 dan L2), dan gelombang tersebut datang melalui ionosfer sebelum sampai di *receiver*. Untuk mendapatkan posisi yang akurat, dilakukan penghilangan atau penghapusan penundaan ionosfer (*ionospheric delay*) melalui pengkombinasian *ionospheric-free linear combination* dari dua fase gelombang pembawa (L3) (Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger, dan Collins 2001): Menurut Pratomo (2008), didalam melakukan metode skoring, ada empat tahapan yang perlu dilakukan yaitu:

$$\phi_{L_3} = \phi_{L_1} - \frac{f_{L_2}}{f_{L_1}} \phi_{L_2} \quad (2.5)$$

f_1, f_2 adalah frekuensi sinyal panjang gelombang L1 dan L2, berurutan.

Data kombinasi bebas ionosfer umumnya digunakan untuk aplikasi GPS yang jarak antar stasiunnya relatif besar, yaitu dalam orde ratusan km atau lebih, dimana efek bias ionosfer umumnya relatif besar. Dapat diketahui bahwa yang dieliminasi dengan pengkombinasian kedua data tersebut adalah efek ionosfer orde pertama, yang merupakan komponen bias ionosfer yang paling besar dalam data GPS.

Kombinasi bebas ionosfer tidak mengubah amplitudo dari kesalahan dan bias yang besarnya tidak bergantung pada frekuensi, seperti kesalahan orbit dan bias troposfer. Sumber dari kesalahan dan bias yang besarnya bergantung pada frekuensi sinyal, seperti *multipath*, bias ionosfer, dan *noise* akan berubah sesudah pengkombinasian.

2.9 Model Klobuchar

Model *Klobuchar* merupakan model matematika yang digunakan untuk menghitung kandungan elektron total (TEC) antara satelit GPS dan penerima GPS, memperkirakan kesalahan ionosfer, dan menghilangkan kesalahan ionosfer total hingga 50-60% tergantung pada daerah (Komjathy 1997, lihat juga pada Muslim 2010). Untuk menggunakan model *Klobuchar*, diasumsikan bahwa elektron bebas terkonsentrasi pada lapisan tunggal dengan ketebalan 0 pada ketinggian 350 km, TEC yang tertinggi pada jam 2 siang waktu setempat, dan TEC konsisten pada 9,23 TECU antara pukul 22.00 dan 06.00 (Klobuchar 1987).

Nilai input yang diperlukan untuk model *Klobuchar* terdiri dari koordinat 3-D dari titik pengamatan dan satelit GPS, waktu pengamatan, dan koefisien *Klobuchar* α_n dan β_n ($n = 1, 2, 3, 4$). Koefisien *Klobuchar* dirancang untuk menghitung *delay* dan siklus vertikal, masing-masing (Seo 1994). Koefisien *Klobuchar*, yang disediakan melalui pesan navigasi, dipilih sesuai dengan dua kriteria seperti yang dijelaskan di bawah ini. Kriteria pertama adalah tanggal observasi. Stasiun kontrol master GPS membagi satu tahun menjadi 37 segmen waktu, dan menetapkan kelompok koefisien *Klobuchar* untuk merespons setiap segmen waktu.

Kriteria kedua adalah fluks matahari rata-rata selama lima hari sebelumnya termasuk tanggal yang relevan. Fluks matahari dibagi menjadi sepuluh kelas, dan kelompok koefisien *Klobuchar* didefinisikan sesuai dengan masing-masing kelas. Dengan mempertimbangkan dua kriteria tersebut, stasiun kontrol master GPS telah menetapkan 370 kelompok koefisien *Klobuchar* dan, sesuai dengan tanggal pengamatan dan nilai fluks matahari, dapat menentukan kelompok *Klobuchar* mana yang akan digunakan dan memberikannya melalui pesan navigasi satelit (Seo 1994).

Model ionosfer *Klobuchar* telah banyak digunakan karena sifatnya yang terkenal seperti kesederhanaan komputasi. Diasumsikan bahwa semua elektron bebas dari ionosfer terdistribusi padat di dalam cangkang yang terletak pada ketinggian tetap 350 km di atas permukaan bumi. Untuk penundaan *pseudorange* pada frekuensi L1, model dibangun berdasarkan *offset* konstan pada malam hari dan fungsi setengah kosinus sederhana berpusat sekitar pukul 14:00 waktu setempat di siang hari. Dengan perluasan rangkaian fungsi kosinus, model ionosfer *Klobuchar* dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$T_{iono} = \begin{cases} F * \left[DC + AMP * \left(1 - \frac{x^2}{2} + \frac{x^4}{24} \right) \right], & |x| < 1.57 \\ F * DC, & |x| \geq 1.57 \end{cases} \quad (s) \quad (2.6)$$

$$AMP = \begin{cases} \sum_{n=0}^3 \alpha_n \varphi_m^n, & AMP \geq 0 \\ AMP = 0, & AMP < 0 \end{cases} \quad (s) \quad (2.7)$$

$$x = \frac{2\pi(t-50400)}{PER} \quad (rad) \quad (2.8)$$

$$PER = \begin{cases} \sum_{n=0}^3 \beta_n \varphi_m^n, & PER \geq 72000 \\ PER = 72000, & PER < 72000 \end{cases} \quad (s) \quad (2.9)$$

$$F = 1.0 + 16.0 (0.53 - E)^3 \quad (2.10)$$

$$\varphi_m = \varphi_i + 0.064 \cos(\lambda_i - 1.617) \quad (2.11)$$

$$\lambda_i = \lambda_u + \frac{\psi \sin A}{\cos \varphi_i} \quad (2.12)$$

$$\varphi_i = \begin{cases} \varphi_u + \Psi \cos A, & |\varphi_i| \leq 0.416 \\ \varphi_i = 0.416, & \varphi_i > 0.416 \\ \varphi_i = -0.416, & \varphi_i < -0.416 \end{cases} \quad (2.13)$$

$$\Psi = \frac{0.0137}{E+0.11} - 0.22 \quad (2.14)$$

$$t = 4.32 * 10^4 \lambda_i + GPS \text{ time} \quad (2.15)$$

Dimana :

E = sudut elevasi antara stasiun penerima dengan satelit

A = azimut antara stasiun penerima dengan satelit

φ_u, λ_u = lintang dan bujur geodetik stasiun penerima

GPS time = waktu lokal dalam UT

α_n, β_n = koefisien klobuchar dalam GPS *Broadcast Message*

DC = konstanta *delay* waktu vertikal pada malam hari
($5 \times 10^{-9} \text{ s} = 5 \text{ ns}$)

Ψ = sudut pusat bumi

φ_i, λ_i = lintang dan bujur geodetik proyeksi

t = waktu lokal

F = faktor kemiringan proyeksi

PER = periode fungsi cosinus

AMP = amplitudo fungsi cosinus

x = fase

T_{iono} = bias ionosfer

2.10 Perhitungan Koefisien Klobuchar

Koefisien *Klobuchar* α_n dan β_n ($n = 1, 2, 3, 4$) merupakan bagian dari pesan navigasi (*Broadcast Messages*), dimana α_n disebut sebagai *ion-alpha* dan β_n disebut sebagai *ion beta*.

Menurut Yuan (2008), Koefisien *Klobuchar* dihitung berdasarkan kombinasi data pengamatan stasiun GPS di seluruh dunia dengan metode yang tidak dipublikasikan.

Untuk perhitungan koefisien *Klobuchar*, persamaan yang digunakan mengadopsi dari paper “*Refining The Klobuchar Ionospheric Coefficients Based on GPS Observation*” oleh Yuan (2008). Dimana untuk estimasi koefisien *Klobuchar* menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial T_{iono}^1}{\partial \alpha_0} & \frac{\partial T_{iono}^1}{\partial \alpha_1} & \cdots & \frac{\partial T_{iono}^1}{\partial \beta_3} \\ \frac{\partial T_{iono}^2}{\partial \alpha_0} & \frac{\partial T_{iono}^2}{\partial \alpha_1} & \cdots & \frac{\partial T_{iono}^2}{\partial \beta_3} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial T_{iono}^k}{\partial \alpha_0} & \frac{\partial T_{iono}^k}{\partial \alpha_1} & \cdots & \frac{\partial T_{iono}^k}{\partial \beta_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\alpha_0 \\ d\alpha_1 \\ d\alpha_2 \\ d\alpha_3 \\ d\beta_0 \\ d\beta_1 \\ d\beta_2 \\ d\beta_3 \end{bmatrix} + \frac{1.546}{c} \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_1 \\ N_2 \\ \vdots \\ N_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Dari persamaan diatas disederhanakan menjadi bentuk $[A][d(\alpha\beta)] = [Y]$, matriks A adalah matriks *Jacobian* yang didapat dari linearisasi persamaan (2.6). Matriks $d(\alpha\beta)$ adalah delta koefisien *Klobuchar*, dan Y merupakan hasil dari:

$$Y = \frac{1.546}{c} \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_1 \\ N_2 \\ \vdots \\ N_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_k \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

Dimana c adalah konstanta kecepatan cahaya, d didefinisikan sebagai $d = T_{iono}^0 - 1.546 (L_1 - L_2)/C$, k merupakan jumlah satelit yang teramati, dan ambiguitas fase (N) didapatkan dengan menggunakan

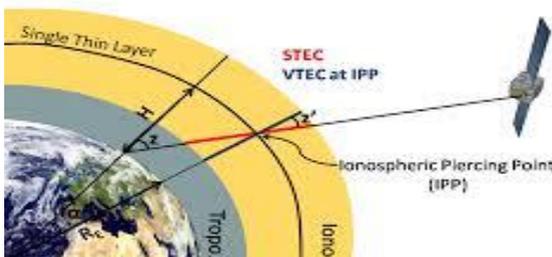
$$L_1 - L_2 = (-1 + \gamma)I_1 + N \quad (2.18)$$

Dengan L_1, L_2 merupakan *carrier phase*; γ adalah faktor frekuensi (≈ 1.647); dan $I_1 = c \cdot T_{iono}$.

Kemudian menggunakan algoritma iteratif, koefisien ionosfer adalah kuadrat terkecil yang dihitung dengan kesalahan sisa yang lebih sedikit ($d(\alpha\beta) \approx 0$).

2.11 TEC (Total Electron Content)

TEC adalah jumlah elektron dalam kolom vertikal (silinder) berpenampang seluas 1 meter² sepanjang lintasan sinyal dalam lapisan ionosfer, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. 10 TEC per definisi secara lebih spesifik dinamakan *Slant Total Electron Content* (STEC). Disamping STEC, dikenal juga istilah *Vertical Total Electron Content* (VTEC), yang mempresentasikan TEC dalam arah vertikal, seperti yang terlihat pada Gambar 2. 10 Nilai TEC biasanya dinyatakan dalam TECU, dimana 1 TECU adalah sama dengan 10¹⁶ elektron/m². Nilai TEC ionosfer pada umumnya berkisar antara 1 sampai 200 TECU.



Gambar 2. 7 Pengertian VTEC dan STEC
(Sumber: Bolaji 2013)

Kecepatan perambatan gelombang pada titik-titik di ionosfer adalah ditentukan oleh densitas elektron di titik-titik tersebut. Makin besar densitas elektron makin tinggi kecepatan perambatannya. Densitas elektron diukur dengan menghitung jumlah elektron di suatu kolom vertikal maupun slant setinggi 1 m di ionosfer dengan penampang melintang seluas 1 m^2 . Jumlah densitas elektron di suatu kolom vertikal maupun slant sepanjang lintasan sinyal dari pembangkit sinyal dengan penampang melintang seluas 1 m^2 atau sebagai integral vertikal dari densitas elektron.

Pemodelan TEC banyak dilakukan dengan beberapa teknik, diantaranya adalah *spherical harmonics*, *broadcasting ionospheric model* dan *polynomial*. Menurut (Muslim 2009) anomali ionosfer dapat diukur dari simpangannya terhadap nilai TEC kondisi normal. Kondisi normal sebagai referensi dapat ditentukan dari nilai median 27 hari pada tiap jam nilai TEC. Ukuran gangguan ini dapat dihitung dari simpangan TEC pada hari dan jam tertentu terhadap nilai median TEC tersebut, kemudian dijadikan dalam persen dengan membaginya dengan nilai mediannya. Kondisi ionosfer dapat dikelompokkan menjadi 4 kondisi: tenang, moderat, badai, dan badai intensif. Pengelompokan ini bisa diukur dengan nilai logaritma perbandingan TEC dengan nilai mediannya.

Teknologi GPS memiliki potensi besar untuk menentukan nilai TEC terutama untuk wilayah yang cukup luas dan banyak tertutup air seperti Indonesia (Abidin 2006). Disamping itu, karena GPS dapat dimanfaatkan secara kontinu tanpa tergantung waktu, tempat dan cuaca, maka penentuan TEC dengan GPS dapat dilakukan secara intensif, mudah, efisien, juga ekonomis.

2.12 RTKLIB

RTKLIB adalah paket program *open source* untuk pemosisian standar dan tepat dengan GNSS.

RTKLIB terdiri dari program perpustakaan portabel dan beberapa AP (program aplikasi) memanfaatkan perpustakaan (Takasu, 2011). RTKLIB merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan data GPS. Di dalamnya terdapat berbagai macam metode penentuan posisi dengan GPS yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan keperluan pengamatan GPS itu sendiri. Salah satu keunggulan yang dimiliki perangkat lunak ini adalah bahwa perangkat lunak ini dapat digunakan dan di-*download* secara bebas oleh siapapun tanpa syarat apapun. Tentunya dengan realita bahwa kebanyakan perangkat lunak pengolah data GPS adalah perangkat lunak yang cukup mahal, maka perangkat lunak ini cukup menjanjikan solusi yang lebih baik dari segi efisiensi biaya penelitian.

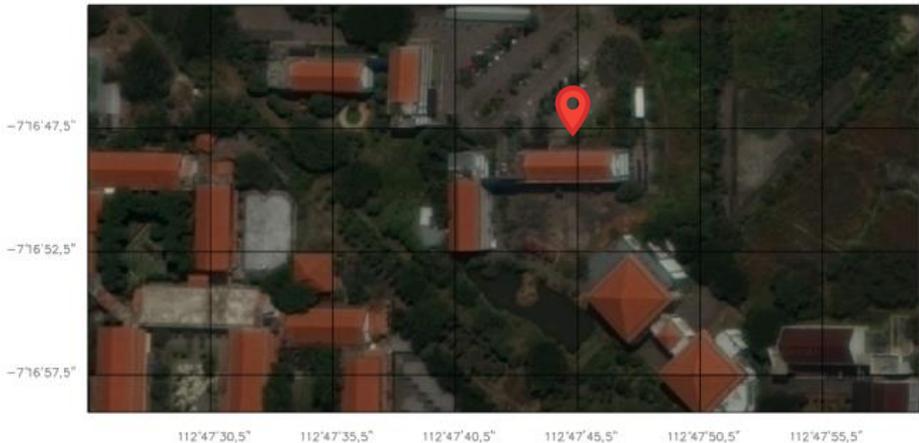
Tidak hanya dapat melakukan pengolahan data pengamatan GPS secara *post-processing*, perangkat lunak RTKLIB ini juga dapat melakukan pengolahan data pengamatan GPS secara *realtime* yang dikombinasikan dengan sistem komunikasi data yang terpadu (Kuncoro, 2012).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dipilih untuk melakukan penelitian ini adalah di stasiun GNSS CORS ITS01 di jurusan Teknik Geomatika ITS. Dengan lokasi koordinat lintang $07^{\circ}16'48''$ LS dan bujur $112^{\circ}47'40,5''$ BT.



Gambar 3. 1 Lokasi penelitian
(Sumber: Citra ITS Surabaya, Google Earth 2018)



Gambar 3. 2 Titik Pengamatan

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data pengamatan GPS *dual frequency* pada 19 mei 2018 selama 24 jam dan pada tanggal 20 Mei 2018 selama 6 jam.
2. Data pengamatan GPS *single frequency* pada tanggal 20 Mei 2018 selama 4 jam.
3. Data program rdeph.f dapat diunduh dari (<https://ep.sci.hokudai.ac.jp/~heki/software.htm>)

3.2.2 Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Perangkat Keras (*Hardware*)
 - GPS *dual frequency*
 - GPS *single frequency*
 - *Personal Computer* (PC) / Laptop
- Perangkat Lunak (*Software*)
 - Sistem Operasi *Windows 10* dan *Linux Ubuntu*
 - MATLAB R2014A
 - Microsoft Office (Ms. Word, Ms. Excel, dan Ms. Visio)
 - RTKLIB 2.4.2
 - Gfortran

3.2.3 Spesifikasi Alat

- GPS *dual frequency* Topcon Hiper Pro



Gambar 3. 3 *TOPCON Hiper Pro*
(sumber: www.topcop.co.id)

Tabel 3. 1 Spesifikasi TOPCON Hiper Pro
(sumber: www.topcon.co.jp)

Spesifikasi	
Deskripsi	40 channel terintegrasi dengan GPS+receiver/antenna dengan antarmuka MINTER
Spesifikasi Pelacakan	
Saluran Pelacakan, standar	40 L1 GPS (20 GPS L1 + L2)
Saluran Pelacakan, opsional	20 GPS L1 + L2(GD), GPS L1, GLONA SS (GG) 20 GPS L1 + L2 +GLONASS (GGD)

Sinyal yang dilacak	L1/L2/C/A and P Code & Carrier and GLONASS
Spesifikasi Hasil	
Statik, Rapid Statik	H:3 mm+ 0.5 ppm V:5 mm+ 0.5 ppm
RTK	H:10 mm+ 1 ppm V:15 mm+ 1 ppm
Spesifikasi Daya	
Baterai	<i>Internal Lithium-Ion batteries</i> , bertahan sampai 14+jam operasi (10 hrs TX)
Daya eksternal	6 volt untuk DC
Daya yang digunakan	Kurang dari 4.2 watt
Spesifikasi Antena GPS	
Antena GPS/GLONASS	Terintegrasi
Spesifikasi Antena GPS	
Bidang tanah	Terintegrasi datar dengan bidang tanah
Antena radio	<i>Center-mount UHF Antenna</i>
Spesifikasi Radio	
Tipe radio	Internal Tx/Rx UHF (rentang frekuensi yang dipilih)
Daya yang dikeluarkan	1.0W/0.25W(dapat dipilih)
Komunikasi Nirkabel	
Komunikasi	Bluetooth™ versi 1.1 comp
I/O	

Port komunikasi	2x serial (RS232)
Selain sinyal/I/O	1 pps, <i>Event maker</i>

- GPS *Single frequency* Hi Target V30x



Gambar 3. 4 *Hi Target V30x*
(*sumber: www.hitarget.ir*)

Tabel 3. 2 Spesifikasi Hi Target V30x
(*sumber: www.hitarget.ir*)

Spesifikasi	
Sinyal Satelit yang dapat Ditangkap	GPS L1C/A GLONASS L1C/A, L1P SBAS L1 C/A, L5 Galileo L1 BOC, ESA, EBS, ESB, ESAItBOC BDS B1, B2 QZSS L1 C/A, L1 SAIF
Spesifikasi Peforma Statik	Horizontal: 2,5 mm+ 0,5ppm RMS Vertikal: 5mm+ 0,5ppm RMS
<i>Post Processing</i>	

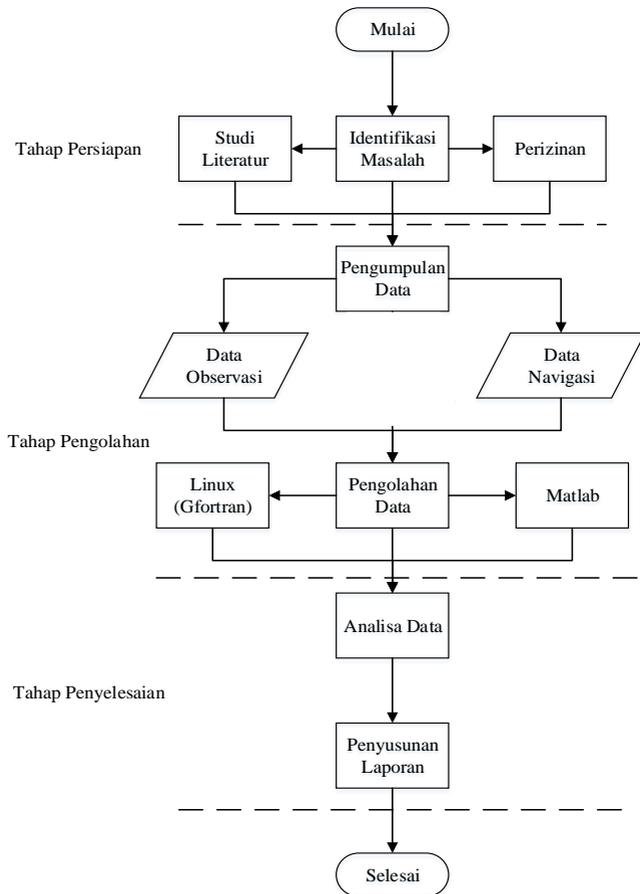
<i>Kinematic / Stop & Go</i>	Horizontal: 10mm+ 1,0ppm RMS Vertikal: 25mm+ 1,0ppm RMS
RTK	Horizontal: 8mm+ 1,0ppm RMS Vertikal: 15mm+ 1,0ppm RMS
Spesifikasi Daya Baterai Waktu Pemakaian Komsumsi Daya	5000mAh Li-ion Baterai Waktu Kerja Statik 13 - 15 Jam RTK Rover (UHF/GPRS/GSM) 10 - 12 Jam RTK Base 8 - 10 Jam 2,5 W
Fisik Perangkat Keras Dimensi (Wx H) Berat <i>Water/Dustproof</i> Suhu Operasi	19,50 cm x 10,40 cm 1,3 kg dengan baterai internal, radio internal, standar UHF antenna IP67 <i>dustproof</i> , Terlindung dikedalaman sampai dengan 1 m -45°C sampai 65°C
Hi Target radio UHF internal (standar) Frekuensi Daya Transmisi Kecepatan Transmisi Jarak Kerja	460 Mhz dengan 116 saluran 0,1 W, 1W, 2W <i>Up to 19,2 Kbps</i> 3-5 km <i>typical</i> , 8 - 10 km <i>optimal</i>
Hi Target Radio UHF Eksternal (standar) Frekuensi Daya Transmisi Kecepatan Transmisi	460 Mhz dengan 116 saluran 5 W, 10W, 20W <i>Up to 19,2 Kbps</i> 8 - 10 km <i>typical</i> , 15 - 20 km <i>optimal</i>

Jarak Kerja	
Komunikasi GPS/GPRS atau 3G	<i>Fully Integrated, Fully sealed Internal GPRS/GSM or 3G Network RTK (via CORS) jarak 20-50 km</i>
Penyimpanan Penyimpanan Data Format Data	<p>64 MB <i>internal memory</i> (1Hz <i>positioning output, up to 50 Hz - depends on installed option</i>) CMR: sCMRx, CMR, CMR+ <i>input and output</i> RTCM: RTCM 2.1, 2.2, 2.3, 3.0, 3.1,3.2 <i>input and output</i> Navigation outputs ASCII: NMEA-0183 GSV, AVR, RMC, HDT, VGK, VHD, ROT, GGK, GGA, GSA, ZDA, VTG, GST, PJT, PJK, BPQ, GLL, GRS, GBS Navigation outputs Binary: GSOF 1 <i>Pulse Per Second Output</i></p>

3.3 Metodologi Penelitian

Tahapan pekerjaan yang akan dilaksanakan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

3.3.1 Tahapan Pelaksanaan



Gambar 3. 5 Diagram Alir Pelaksanaan

Berikut ini adalah penjelasan diagram alir tahapan pelaksanaan penelitian :

1. Tahap Persiapan

a. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, permasalahan yang diidentifikasi adalah bagaimana melakukan

koreksi kesalahan bias ionosfer pada GPS penerima frekuensi tunggal dan melihat pengaruh koreksi bias ionosfer terhadap hasil koordinat serta meningkatkan akurasi dari koreksi tersebut.

b. Studi Literatur

Pada tahap ini yang dilakukan adalah mempelajari literatur bacaan tentang bagaimana cara menghitung koreksi bias ionosfer dengan model *Klobuchar*.

c. Perizinan

Tahap ini dilakukan permohonan izin alat dan tempat untuk melakukan pengamatan langsung.

2. Tahap Pengolahan

a. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengamatan secara langsung di lokasi penelitian yang telah ditentukan.

b. Pengolahan Data

Pengolahan data dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi Gfortran pada sistem operasi Linux maupun aplikasi Matlab pada system Windows. Data program *rdeph.f* dan dijalankan dengan menggunakan aplikasi Gfortran dan kemudian dilakukan pengolahan di Matlab dan RTKLIB.

3. Tahap Penyelesaian

a. Analisa Data

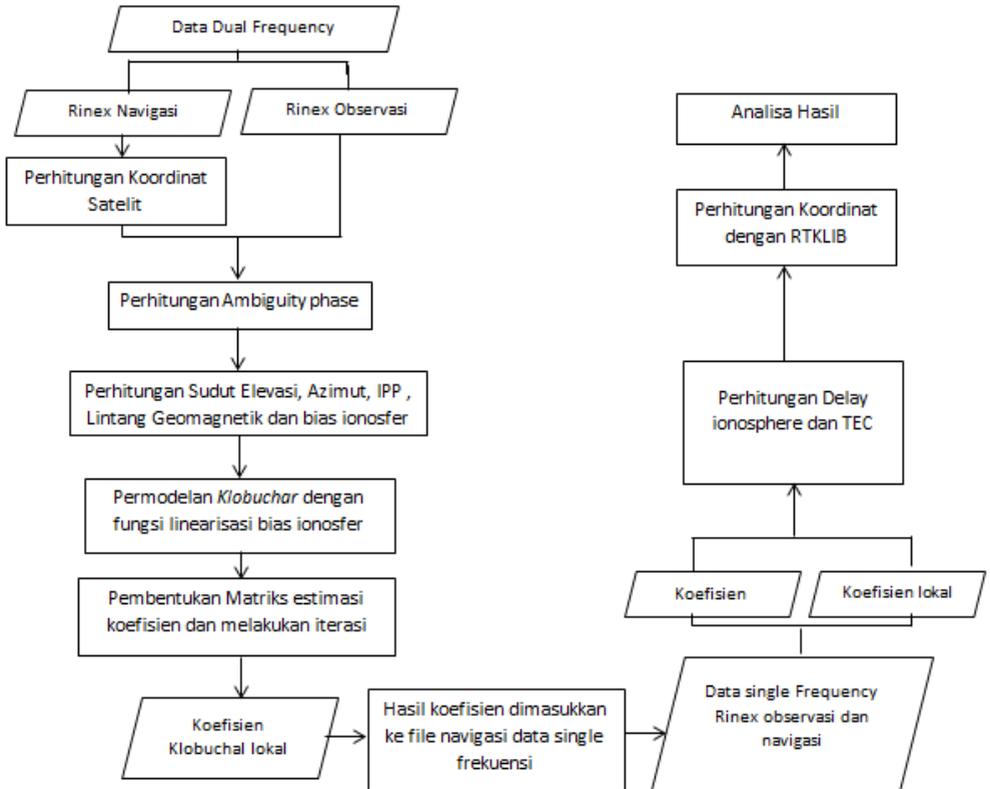
Pada tahapan ini akan didapat hasil nilai koefisien *Klobuchar* berdasarkan data pengamatan lokal, nilai penundaan waktu dan jarak ionosfer, TEC serta hasil

koordinat. Selanjutnya akan dianalisa untuk mengetahui besar pengaruh koreksi bias ionosfer terhadap hasil koordinat pengamatan GPS.

b. Penyusunan Laporan

Pada tahap akhir penelitian ini akan dilakukan pembuatan laporan sebagai hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

3.3.2 Tahapan Pengolahan



Gambar 3. 6 Diagram Alir Pengolahan Data

Berikut adalah penjelasan diagram alir tahapan pengolahan data :

- a. Data pengamatan GPS *dual frequency* dalam bentuk rinex navigasi (*.n) dan rinex observasi (*.o) diolah untuk mendapatkan model *Klobuchar*. Dimana data navigasi diolah di Gfortran dengan program rdeph.f untuk

mendapatkan nilai koordinat satelit. Dan data rinex observasi digunakan untuk menentukan parameter *ambiguity* (N).

- b. Menghitung data koordinat satelit untuk mendapatkan sudut elevasi, azimuth, koordinat IPP dan nilai bias ionosfer dengan menggunakan persamaan (2.6) hingga (2.15).
- c. Kemudian menghitung N dengan persamaan (2.18).
- d. Data dari proses sebelumnya dimasukkan kedalam bentuk matriks $AX=Y$. Dengan matriks A adalah matrik yang disusun dari linearisasi persamaan (2.6), matriks X adalah delta koefisien yang dicari dan matrix Y adalah matrik yang disusun dari nilai N dan data yang telah dihitung sebelumnya. Pada proses ini dilakukan dengan *least square* dan dilakukan iterasi hingga nilai X mendekati atau sama dengan nol.
- e. Setelah didapatkan koefisien, nilai tersebut dimasukkan sebagai koefisien alpha dan betha pada pesan navigasi data pengamatan GPS *single frequency*.
- f. Selanjutnya menghitung koordinat dengan menggunakan RTKLIB dengan data pertama adalah data single frekuensi dengan koefisien asli dan data kedua adalah data single frekuensi dengan koefisien baru.
- g. Selain melakukan pengolahan koordinat, nilai dengan 2 koefisien tersebut akan dihitung nilai penundaan waktu dan jarak serta TEC. Kemudian dilakukan analisa.
- h. Analisa akan dilakukan dari perbandingan koordinat hasil pengolahan single frekuensi dengan koefisien asli dan koefisien hasil perhitungan.

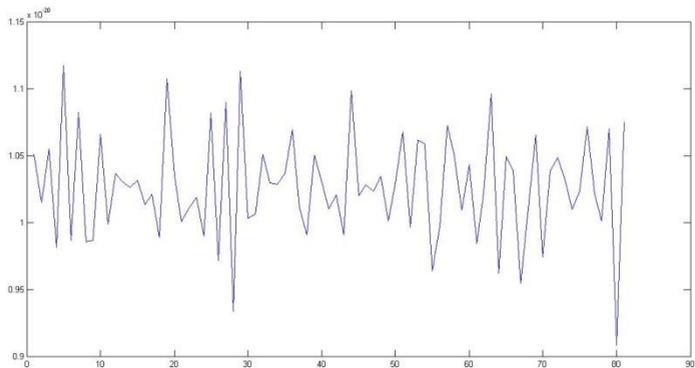
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hasil Koefisien *Klobuchar*

Tabel 4. 1 Hasil Koefisien *Klobuchar*

Koefisien <i>Klobuchar</i>	Nilai asli (semicircle)	Nilai hasil perhitungan (semicircle)	Selisih
α_0	86020,00000	86020,05307	-0,05307
α_1	81920,00000	81921,22421	-1,22421
α_2	-13110,00000	-131099,85486	-0,14514
α_3	-52430,00000	-524299,99911	-0,00089
β_0	0,00000	0,00213	-0,00213
β_1	$-8,88180 \times 10^{-16}$	$1,17053 \times 10^{-16}$	$-2,1 \times 10^{-15}$
β_2	589820	589823,99999	2,48E-09
β_3	$2,001 \times 10^3$	$2,000 \times 10^3$	$-1,9 \times 10^{-12}$



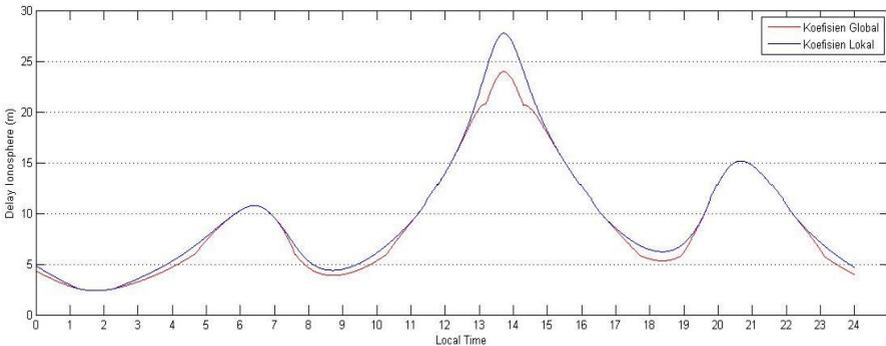
Gambar 4. 1 Grafik perubahan $d\alpha$ dan $d\beta$

Sesuai Tabel 4.1 diatas, dapat dilihat bahwa nilai delta yang didapat sangat kecil, sehingga hasil koefisien yang dihasilkan Tidak berbeda jauh dengan nilai aslinya. Koefisien yang memiliki selisih terbesar adalah koefisien β_2 yaitu 2,48E-09 dan koefisien yang memiliki selisih terkecil adalah koefisien α_1 yaitu -1,22421. Nilai diatas didapatkan melalui proses iterasi sebanyak 89 kali dengan parameter nilai terkecil adalah 10^{-21} .

Perubahan nilai $d\alpha$ dan $d\beta$ yang tidak teratur disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah faktor lokasi titik pengamatan. Dalam penelitian ini lokasi titik pengamatan berdekatan dengan sebuah gedung yang tinggi, sehingga mempengaruhi jumlah satelit yang diterima oleh GPS dan dapat menyebabkan kesalahan *Multipath*.

4.2 Analisa Hasil Delay Ionosphere dan TEC

a) Hasil Delay Ionosphere



Gambar 4. 2 Perubahan nilai *Delay ionosphere*

Berdasarkan gambar 4.2 dapat dilihat bahwa bias ionosfer yang dihasilkan oleh koefisien global dan koefisien lokal memiliki pola yang sama. Nilai maksimum berada pada jam 14.00 waktu lokal, dengan nilai perubahan sebesar 3,389 m dan perubahan

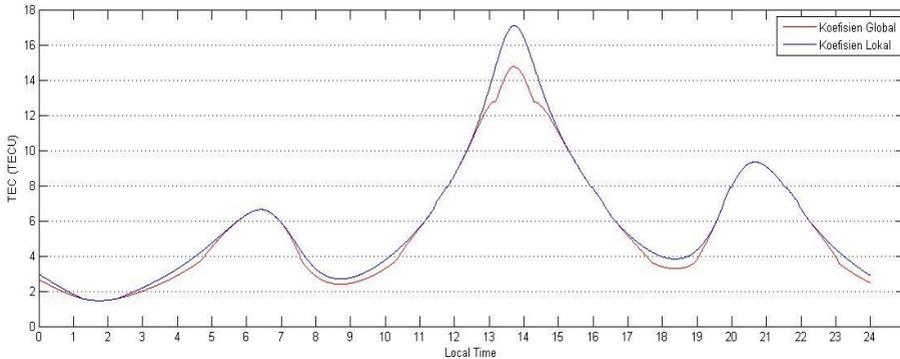
terkecil sebesar 0.004 m terjadi pada jam 22.00 waktu lokal. Berikut perbandingan nilai *Delay ionosphere* setiap 1 jam selama pengamatan 24 jam.

Tabel 4. 2 Perbandingan nilai *Delay ionosphere*

Waktu lokal	Delay ionosfer dengan Koefisien Global (m)	Delay ionosfer dengan Koefisien Lokal (m)	Perubahan nilai Delay Ionosfer (m)
1	3,538	3,888	0,350
2	2,496	2,519	0,022
3	2,763	2,885	0,122
4	3,914	4,372	0,458
5	5,750	6,412	0,662
6	8,922	9,032	0,111
7	10,459	10,468	0,010
8	6,908	7,369	0,461
9	4,065	4,602	0,537
10	4,519	5,150	0,632
11	7,007	7,506	0,499
12	11,444	11,457	0,013
13	17,166	17,487	0,321
14	22,589	25,978	3,389
15	20,290	22,226	1,935
16	15,129	15,174	0,044
17	10,438	10,472	0,035
18	6,715	7,345	0,630
19	5,483	6,400	0,916
20	9,400	9,592	0,192
21	14,590	14,598	0,008
22	13,037	13,041	0,004

23	8,650	8,862	0,213
24	4,993	5,866	0,873

b) Hasil TEC



Gambar 4. 3 Perubahan nilai *TEC*

Berdasarkan gambar 4.3 dapat dilihat bahwa *TEC* yang dihasilkan oleh koefisien global dan koefisien lokal memiliki pola yang sama. Nilai maksimum berada pada jam 14.00 waktu lokal, dengan nilai perubahan terbesar 2,087 TECU dan perubahan terkecil sebesar 0.003 TECU terjadi pada jam 22.00 waktu lokal. Berikut perbandingan nilai *TEC* setiap 1 jam selama pengamatan 24 jam.

Tabel 4. 3 Perbandingan nilai TEC

Waktu lokal	Nilai TEC dengan Koefisien Global (TECU)	Nilai TEC dengan Koefisien Lokal (TECU)	Perubahan nilai TEC (TECU)
1	2,179	2,394	0,215
2	1,537	1,551	0,014
3	1,702	1,777	0,075
4	2,410	2,693	0,282
5	3,541	3,949	0,408
6	5,495	5,563	0,068
7	6,441	6,447	0,006
8	4,254	4,538	0,284
9	2,504	2,834	0,331
10	2,783	3,172	0,389
11	4,315	4,623	0,308
12	7,048	7,056	0,008
13	10,572	10,770	0,198
14	13,912	15,999	2,087
15	12,496	13,688	1,192
16	9,318	9,345	0,027
17	6,428	6,450	0,021
18	4,135	4,523	0,388
19	3,377	3,942	0,564
20	5,789	5,907	0,118
21	8,985	8,991	0,005
22	8,029	8,031	0,003
23	5,327	5,458	0,131
24	3,075	3,612	0,538

Berdasarkan tabel 4.2 dan tabel 4.3 dapat dilihat bahwa nilai *Delay ionosphere* dan TEC yang dihasilkan dengan menggunakan koefisien lokal lebih besar dari pada nilai yang dihasilkan oleh koefisien global.

4.3 Analisa Hasil Koordinat

Pengolahan koordinat dilakukan menggunakan perangkat lunak RTKLIB 2.4.2. Terdapat 4 macam metode yang diterapkan dalam pengolahan data ini, yaitu:

- Metode 1 : Menggunakan data *Dual Frequency*, dengan koreksi bias ionosfer (Kombinasi bebas ionosfer).
- Metode 2 : Menggunakan data *Single Frequency*, tanpa koreksi bias ionosfer.
- Metode 3 : Menggunakan data *Single Frequency*, dengan koreksi bias ionosfer (Koefisien global).
- Metode 3 : Menggunakan data *Single Frequency*, dengan koreksi bias ionosfer (Koefisien lokal).

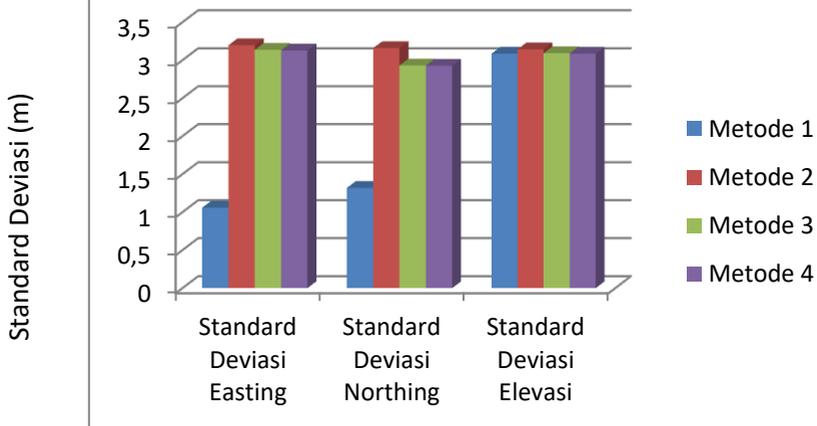
Dalam melakukan pengukuran GPS *dual frequency* menggunakan metode Diferensial, sedangkan pada pengukuran GPS *single frequency* menggunakan metode absolut. Hasil pengolahan yang diperoleh berupa *Latitude*, *Longitude*, dan *Elevation* serta standar deviasi titik pengamatan yang kemudian ditransformasikan menjadi koordinat UTM. Data koordinat dan standar deviasi hasil pengolahan data pengukuran dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 4 Data Koordinat Geodetik

Metode	Lintang	Bujur	Tinggi
1	-7°16'47,4112"	112°47'42,1912"	40,22322 m
2	-7°16'47,4599"	112°47'42,2294"	45,65833 m
3	-7°16'47,4407"	112°47'42,2283"	40,48237 m
4	-7°16'47,4312"	112°47'42,2199"	40,42368 m

Tabel 4. 5 Data Koordinat UTM dan Standar Deviasi

Metode	Easting (m)	Northing (m)	Std Deviasi Easting (m)	Std Deviasi Northing (m)	Std Deviasi Tinggi (m)
1	698176,589	9194922,526	1,059	1,319	3,086
2	698177,754	9194921,025	3,198	3,159	3,144
3	698177,723	9194921,617	3,137	2,931	3,091
4	698177,468	9194921,910	3,127	2,926	3,087



Gambar 4. 4 Grafik perbedaan standard deviasi pada setiap metode pengolahan

Standar deviasi dari masing-masing pengolahan kemudian dibandingkan untuk mengetahui standar deviasi dengan ketelitian yang lebih baik. Berdasarkan grafik 4.4 diketahui bahwa metode 1 menghasilkan data koordinat lebih baik dari metode lainnya. Karena metode 1 menggunakan data GPS *dual frequency* dengan koreksi bias ionosfer (kombinasi bebas ionosfer), selanjutnya data hasil pengolahan metode 1 disebut koordinat yang dianggap benar. Sedangkan untuk data *single frequency*, metode 4 menghasilkan data koordinat lebih baik daripada metode 2 dan 3.

Analisis perubahan akurasi koordinat hasil pengolahan pada penelitian ini yaitu membandingkan *Mean error* masing-masing nilai koordinat hasil pengolahan data *single frequency* terkoreksi bias ionosfer (metode 3 dan 4) terhadap nilai koordinat tanpa koreksi bias ionosfer (metode 2). *Mean error* adalah rata-rata selisih nilai koordinat metode 2,3 dan 4 terhadap nilai koordinat yang dianggap benar, dimana koordinat yang dianggap benar adalah koordinat hasil pengolahan metode 1. Perubahan *Mean error* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 6 *Mean error* terhadap metode 1

Metode	Mean Error			
	Easting	Norhting	Elevasi	dr
2	1,165 m	1,501 m	5,435 m	5,757 m
3	1,135 m	0,910 m	0,259 m	1,477 m
4	1,125 m	0,897 m	0,201 m	1,092 m

Tabel 4. 7 Perubahan *Mean error* pada Metode 3 terhadap Metode 2

Koordinat	Mean Error		% perubahan Mean Error
	Metode 2	Metode 3	
Easting	1,165 m	1,135 m	2,625 %
Northing	1,501 m	0,910 m	39,398 %
Elevasi	5,435 m	0,259 m	95,232 %
dr	5,757 m	1,477 m	74,35 %

Tabel 4. 8 Perubahan *Mean error* pada Metode 4 terhadap Metode 2

Koordinat	Mean Error		% perubahan Mean Error
	Metode 2	Metode 4	
Easting	1,165 m	1,125 m	3,469 %
Northing	1,501 m	0,897 m	40,254 %
Elevasi	5,435 m	0,201 m	96,312 %
dr	5,757 m	1,092 m	81,026 %

Berdasarkan tabel 4.7 dan 4.8 diketahui bahwa dengan koreksi bias ionosfer akan meningkatkan akurasi koordinat hasil pengamatan GPS *single frequency*. Dimana setiap *Mean error* nilai koordinat mengalami penurunan, dimana semakin kecil kesalahan maka nilai akan mendekati nilai yang dianggap benar. Perubahan terbesar terjadi pada nilai Elevasi (Z), dengan menggunakan koefisien global perubahan *Mean error* mencapai 95,232 % dan menggunakan koefisien lokal sebesar 96,312%. Perubahan posisi (dr) didapatkan dari persamaan berikut.

$$dr = \sqrt{(X_a - X_b)^2 + (Y_a - Y_b)^2 + (Z_a - Z_b)^2} \quad (4.1)$$

Dimana posisi A (X_a, Y_a, Z_a) adalah posisi koordinat yang dianggap benar dan posisi B (X_b, Y_b, Z_b) adalah koordinat hasil metode 2,3 dan 4.

Selanjutnya, melakukan analisis perubahan *Mean error* metode 4 terhadap metode 3.

Tabel 4. 9 Perubahan *Mean error* pada Metode 4 terhadap Metode 3

Koordinat	Mean Error		% perubahan Mean Error
	Metode 2	Metode 4	
Easting	1,135 m	1,125 m	0,867 %
Northing	0,910 m	0,897 m	1,412 %
Elevasi	0,259 m	0,201 m	22,646 %
dr	1,477 m	1,092 m	26,015 %

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa dengan menggunakan metode 4 meningkatkan akurasi pada masing masing nilai koordinat. Perubahan *Mean error* pada nilai *Easting* dan *Northing* tidak terlalu signifikan, karena koefisien *Klobuchar* yang dihasilkan memiliki selisih yang kecil.

Koefisien *Klobuchar* berpengaruh terhadap nilai *Delay ionosphere*, dimana nilai *Delay ionosfer* mempengaruhi jarak pseudorange dan jarak fase. Secara keseluruhan metode 4 (koreksi ionosfer menggunakan koefisien lokal) menghasilkan kenaikan akurasi lebih baik daripada metode 3 (koreksi ionosfer menggunakan koefisien global). Dengan nilai kenaikan akurasi sebesar 26,015%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan, berikut adalah kesimpulan yang penulis dapatkan dalam penelitian tugas akhir ini:

1. Berdasarkan hasil pengolahan koefisien *Klobuchar*, koefisien yang dihasilkan Tidak berbeda jauh dengan nilai aslinya. Koefisien yang memiliki selisih terbesar adalah Koefisien yang memiliki selisih terbesar adalah koefisien β_2 yaitu $2,48E-09$ dan koefisien yang memiliki selisih terkecil adalah koefrisien α_1 yaitu $-1,22421$. Nilai diatas didapatkan melalui proses iterasi sebanyak 89 kali dengan parameter nilai terkecil adalah 10^{-21} .
2. Nilai *Delay ionosphere* terbesar terjadi pada jam 14.00 waktu lokal. Dengan perubahan nilai *Delay ionosphere* terbesar adalah 3,389 m, dan perubahan nilai TEC terbesar adalah 2,087 TECU. nilai *Delay ionosphere* dan nilai TEC yang dihasilkan koefisien lokal lebih besar daripada nilai yang dihasilkan koefisien global
3. Dengan menggunakan koreksi bias ionosfer menggunakan koefisien lokal akurasi koordinat meningkat sebesar 26,015% terhadap penggunaan koefisien global.

5.2 Saran

Berdasarkan pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan, adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perlu dilakukan pengujian koefisien dengan menggunakan beberapa titik pengamat, sehingga dapat

dilihat peningkatan akurasi yang diberikan oleh koefisien tersebut.

- b. Perlu dilakukan perhitungan estimasi terhadap ambiguitas fase agar nilai ambiguitas fase tiap satelit yang dihasilkan lebih akurat.
- c. Untuk mendapatkan nilai koordinat yang lebih akurat, perlu adanya koreksi terhadap faktor kesalahan pengukuran GPS yang lain, seperti bias troposfer, *cycle slip* dan multipath.

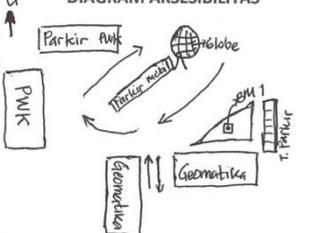
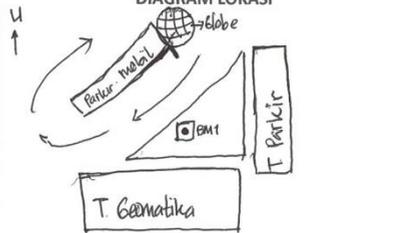
DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. 2006. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Dutt, Dr VBS., Gowsuddin, S. 2013. "Ionospheric Delay Estimation Using Klobuchar Algorithm for Single Frequency GPS Receivers". *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering* 2, 2:201-207.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Collins, J. 2001. *Global Positioning System*. Graz, Austria: Novographic Druck G.m.b.H..A1230 Wien.
- Kelso, T.S., Mei 2014. *Celestrak : Orbital Coordinate Systems, Part II*, <<http://celestrak.com/columns/v02n02/>> . Dikunjungi pada tanggal 27 Mei 2018, jam 18.30.
- Klobuchar, J. A. 1987. "Ionospheric time-delay algorithm for single frequency GPS user". *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems* 23, 3:325-331.
- Komjathy, A. 1997. *Global Ionospheric Total Electron Content Mapping Using The Global Positioning System*. PhD's Thesis. Canada: University of New Brunswick.
- Komjathy, A., Wilson, B.D., Runge, T.F., Boulat, B.M., Mannucci, A.J., Sparks, L., Reyes, M.J. 2002. "A New Ionospheric Model for Wide Area Differential GPS: The Multiple Shell Approach," *Proceedings of the 2002 National Technical Meeting of The Institute of Navigation*, San Diego, CA, pp. 460-466.
- Kuncoro, H. 2012. *Analisis Metode GPS Kinematik Menggunakan Perangkat Lunak RTKLIB*. Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung : Bandung.

- Lee, C.-M., Park, K.-D., Ha, J., Lee, S. 2010. "Generation of Klobuchar Coefficient for Ionospheric Error Simulation". *Journal of Astronomy and Space Science* 27, 2:117-122.
- Muslim, B. 2010. "Pengaruh Bias Ionosfer Pada Akurasi Pengukuran Jarak Satelit GPS". *Prosiding Seminar Nasional Matematika – Departemen Matematika UI, Volume I*.
- Muslim, B. 2013. "Aplikasi Model Ionosfer dalam Penentuan Posisi Presisi dengan GPS Frekuensi Tunggal di Daerah Lintang Rendah Indonesia". *Prosiding Seminar Ilmu Pengetahuan Teknik. Yogyakarta*.
- Seeber, Gunter. 1993. *Satellite Geodesy, 2nd edition*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Seo, Y.-K. 1994. *The Measurement of The Ionospheric Total Electron Content Using P-Code of GPS*. Master's Thesis. South Korea: Kyung Hee University.
- Subirana, J.S., Zornoza, J.M.J., Pajares, M.H. 2011. *Esa Navipedia: Klobuchar Ionospheric Model*, <https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Klobuchar_Ionospheric_Model> . Dikunjungi pada tanggal 20 Februari 2018, jam 14.00.
- Takasu, T. 2011. *RTKLIB ver. 2.4.1 Manual*. Tokyo.
- Taufiqurrahman, E. 2010. *Analisis Korelasi Frekuensi Kritis Lapisan F Ionosfer (F Of2) Dengan Gempa Di Sumatera Barat (Studi Kasus Gempa Tanggal 6 Maret 2007 Dan 30 September 2009)*. Padang: Universitas Andalas.
- Yuan Y, Huo X, Ou J, Zhang K, Chai Y. 2008."Refining the Klobuchar ionospheric coefficients based on GPS observations". *IEEE Trans Aerosp Electron Syst, AES-44*, 1498-1510.

LAMPIRAN

1. Formulir Pengukuran GPS

 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p>FORMULIR SURVEI GPS TEKNIK GEOMATIKA FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA TAHUN 2018</p>
FORMULIR RECONNAISSANCE TITIK	
Nomor Titik : <u>BM 1</u>	Tanggal Reconnaissance : <u>20 Mei 2018</u>
Proyek : <u>-</u>	Baru / Sudah Ada : <u>Sudah ada</u>
Nama Surveyor : <u>Ririn Wuri R.</u>	Aman / Tidak Aman : <u>Aman</u>
Kab. / Kota : <u>Surabaya</u>	Dapat Dicapai Mobil (ya / tidak) : <u>Ya</u>
Kelurahan : <u>Keputih</u>	Obstruksi Jalan (ya / tidak) :
<p>DIAGRAM AKSESIBILITAS</p> 	<p>DIAGRAM LOKASI</p> 
<p>DIAGRAM OBSTRUKSI</p> 	<p>CATATAN</p> <p>Titik BM-1 berada di Taman teknik Geomatika. Di sebelah timur BM-1 terdapat tempat parkir jurusan teknik Geomatika, di sebelah selatan terdapat Gedung baru Teknik Geomatika. Titik BM berwarna orange</p>
Dibuat Oleh : <u>Ririn Wuri R.</u>	Tanggal : <u>20 Mei 2018</u>

	TEKNIK GEOMATIKA		NO. TITIK BM 1
	FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA		
	FOTO TITIK KONTROL GEODETIK		
ARAH PANDANG KE UTARA		ARAH PANDANG KE TIMUR	
			
ARAH PANDANG KE SELATAN		ARAH PANDANG KE BARAT	
			
Dibuat Oleh : Ririn Wuri Rahayu		Tanggal Pembuatan : 20 Mei 2018	

2. Contoh Data Rinex Navigasi GPS Dual Frequency

```

2.10          N: GPS NAV DATA          RINEX
VERSION / TYPE
teqc 2018May19          20180219 05:17:20UTCPGM /
RUN BY / DATE
18          LEAP
SECONDS
Linux 2.4.21-27.ELsmp|Opteron|gcc -static|Linux x86_64|+=
COMMENT
0.7451D-08 0.2235D-07 -0.5960D-07 -0.1192D-06          ION
ALPHA
0.8602D+05 0.8192D+05 -0.1311D+06 -0.5243D+06          ION
BETA
0.000000000000D+00-0.888178419700D-15 589824 2001
DELTA-UTC: A0,A1,T,W          END
OF HEADER
2 18 1 1 0 0 0.0 2.404339611530D-04-1.011812855722D-11
0.000000000000D+00
4.800000000000D+01-7.553125000000D+01
4.343038047824D-09-1.991747485786D+00
-3.986060619354D-06 1.754290319514D-02 1.215748488903D-05
5.153654708862D+03
8.640000000000D+04
3.445893526077D-07-1.739079737480D-01-1.098960638046D-07
9.491385361155D-01 1.359062500000D+02-1.919686035680D+
00-7.551743131842D-09
3.082271246112D-10 1.000000000000D+00 1.982000000000D+03
0.000000000000D+00
2.000000000000D+00 0.000000000000D+00-2.048909664154D-08
4.800000000000D+01
8.637000000000D+04 4.000000000000D+00

```

3. Contoh Data Rinex Observasi GPS Dual Frequency

```

|      2.10          OBSERVATION DATA      G (GPS)
RINEX VERSION / TYPE
RTKCONV 2.4.2          20180705 035920 UTC
PGM / RUN BY / DATE
log: D:\Data\GPS Receiver Position\csby0010.18o
COMMENT
format: RINEX
COMMENT
csby
MARKER NAME

MARKER NUMBER

OBSERVER / AGENCY
P8RX56B7Z0G          TOPCON NET-G3          4.0 Dec,21,2012 p1
REC # / TYPE / VERS
-Unknown-          -Unknown-
ANT # / TYPE
-2443857.4722  5835256.7024  -808827.3334
APPROX POSITION XYZ
          0.0000          0.0000          0.0000
ANTENNA: DELTA H/E/N
          1          1
WAVELENGTH FACT L1/2
          5          C1          L1          P1          P2          L2          #
/ TYPES OF OBSERV
          2018          1          1          0          0          0.0000000          GPS
TIME OF FIRST OBS
          2018          1          1          23          59          30.0000000          GPS
TIME OF LAST OBS

```

4. Contoh Data Rinex Navigasi GPS Single Frequency

```

      2                NAVIGATION DATA
RINEX VERSION / TYPE
HGO                Hi-Target                24-05-18 09:45
PGM / RUN BY / DATE
 7.4506D-09 2.2352D-08 -5.9605D-08 -1.1921D-07
ION ALPHA
 8.6016D+04 8.1920D+04 -1.311D+05 -5.2429D+05      ION
BETA
 5D-03      -1.865D-06 147456      2002
DELTA-UTC: A0,A1,T,W

END OF HEADER
18 18 5 20 6 0 0.0 1.12634152174D-05 4.77484718431D-12
0.00000000000D+00
 8.30000000000D+01 -1.16062500000D+02
4.89091801208D-09 -8.40449742734D-01
 -5.78910112381D-06 1.45180785330D-02 7.70948827267D-06
5.15365882683D+03
 2.16000000000D+04 -1.00582838058D-07 -2.66842672700D+00
2.44006514549D-07
 9.49744611372D-01 2.29906250000D+02 1.30355817336D+
00 -8.49356807692D-09
 2.32152527227D-11 0.00000000000D+00 2.00200000000D+03
0.00000000000D+00
 0.00000000000D+00 0.00000000000D+00 0.00000000000D+00
0.00000000000D+00
 0.00000000000D+00 0.00000000000D+00 0.00000000000D+00
0.00000000000D+00
27 18 5 20 6 0 0.0 3.68651468307D-04 -9.09494701773D-13
0.00000000000D+00
1.13000000000D+02 -7.40625000000D+00 4.32732310752D-08

```

5. Contoh Data Rinex Obsevasi GPS Single Frequency

```

2.11          OBSERVATION DATA      G (GPS)
RINEX VERSION / TYPE
BLANK OR G = GPS, R = GLONASS, E = GALILEO, M = MIXED
COMMENT
HGO          Hi-Target          24-05-18 09:45
PGM / RUN BY / DATE
-----
COMMENT
1121633          HDV30S
REC # / TYPE / VERS          HDV30S
ANT # / TYPE
-2451347.6852  5832928.9202  -802846.7858
APPROX POSITION XYZ
      1.3800          0.0000          0.0000
ANTENNA: DELTA H/E/N
      1      1      0
WAVELENGTH FACT L1/2
      3      C1      L1      S1
/ TYPES OF OBSERV
      15.000
INTERVAL
      2018      5      20      4      3      0.0000000      GPS
TIME OF FIRST OBS
      0
RCV CLOCK OFFS APPL

END OF HEADER
      18  5  20  4  3  0.0000000  0  8G01G11G18G27G23G08G09G31
      21758852.601  -16410051.898          10.000

```

6. Contoh Program Perhitungan Koefisien Klobuchar

MATLAB R2014a

HOME PLOTS APPS EDITOR PUBLISH VIEW

Find Files Compare Comment % Indent Insert fx Go To Breakpoints Run Run and Advance Advance Run and Time

FILE EDIT NAVIGATE BREAKPOINTS RUN

E:\Bismillah Program fix\data24 jam\New folder\Tiono.m

```

1 format LongG
2
3 data=load('DATARINEX.mat'); % data koordinat satelit
4 Gtime=data.DATARINEX(:,1);
5 gtime=data.DATARINEX(:,2);
6 FRN=data.DATARINEX(:,3);
7 LL1=data.DATARINEX(:,4);
8 LL2=data.DATARINEX(:,5);
9 Xs=data.DATARINEX(:,6); % Koordinat satelit (X,Y,Z)
10 Ys=data.DATARINEX(:,7);
11 Zs=data.DATARINEX(:,8);
12
13
14 l=0;
15 for t=1:length(Xs)
16     l=l+1;
17     % =====
18     %----- (l) Perhitungan Azimut dan sudut Elevasi-----
19     % =====
20
21     [Xsl(l), Ysl(l), Zsl(l)]=cart2sph(Xs(t), Ys(t), Zs(t)); %Transformasi koordinat XYZ ke lat-long
22     Lls(l)=Xsl(l)*180/pi;
23     Bls(l)=Ysl(l)*180/pi;
24     Hls(l)=Zsl(l)*180/pi;
25
26     a=6378137; %Elipsoid Referensi WGS 84
27     f=0.00335281067;

```

7. Hasil Perhitungan RTKLIB

E:\Bismillah Program fix\data 24 jam\Single data\Asli_6331400.pos

```

Find
% program : RTKPOST ver.2.4.2
% inp file : E:\Bismillah Program fix\data 24 jam\Single data\Asli\_633140
% inp file : E:\Bismillah Program fix\data 24 jam\Single data\Asli\_633140
% obs start : 2018/05/20 04:03:00.0 GPST (week2002 14580.0s)
% obs end : 2018/05/20 08:05:45.0 GPST (week2002 29145.0s)
% pos mode : single
% elev mask : 15.0 deg
% ionos opt : broadcast
% tropo opt : off
% ephemeris : broadcast
% navi sys : gps glonass
%
% (lat/lon/height=WGS84/ellipsoidal,Q=1:fix,2:float,3:sbas,4:dgps,5:single,
% GPST latitude(deg) longitude(deg) height(m) Q ns
2018/05/20 04:03:00.000 -7.279826860 112.795079243 53.6931 5 8
2018/05/20 04:03:15.000 -7.279835380 112.795066111 50.9520 5 8
2018/05/20 04:03:30.000 -7.279850323 112.795054929 47.3614 5 8
2018/05/20 04:03:45.000 -7.279846001 112.795052950 45.0597 5 8
2018/05/20 04:04:00.000 -7.279837645 112.795057562 46.4509 5 8
2018/05/20 04:04:15.000 -7.279846936 112.795071252 49.2381 5 8
2018/05/20 04:04:30.000 -7.279831171 112.795071921 47.6200 5 8
2018/05/20 04:04:45.000 -7.279839046 112.795063136 45.9345 5 8
2018/05/20 04:05:00.000 -7.279847661 112.795070608 45.0486 5 8
2018/05/20 04:05:15.000 -7.279838653 112.795072925 45.9840 5 8
2018/05/20 04:05:30.000 -7.279846576 112.795058482 45.7740 5 8
2018/05/20 04:05:45.000 -7.279844208 112.795058685 46.4978 5 8
2018/05/20 04:06:00.000 -7.279847073 112.795051423 44.2843 5 8
2018/05/20 04:06:15.000 -7.279846499 112.795064685 45.5642 5 8
2018/05/20 04:06:30.000 -7.279840413 112.795072018 47.4886 5 8
2018/05/20 04:06:45.000 -7.279830512 112.795071404 47.2521 5 8
2018/05/20 04:07:00.000 -7.279844815 112.795070439 45.1072 5 8
2018/05/20 04:07:15.000 -7.279839001 112.795072293 47.7492 5 8
2018/05/20 04:07:30.000 -7.279841094 112.795062188 45.8815 5 8
2018/05/20 04:07:45.000 -7.279837062 112.795059896 44.2196 5 8
2018/05/20 04:08:00.000 -7.279850717 112.795050415 44.5577 5 8
2018/05/20 04:08:15.000 -7.279839914 112.795064750 47.0649 5 8
2018/05/20 04:08:30.000 -7.279852930 112.795052154 42.7478 5 8
2018/05/20 04:08:45.000 -7.279845378 112.795063579 47.4745 5 8
2018/05/20 04:09:00.000 -7.279839918 112.795065071 44.1241 5 8
2018/05/20 04:09:15.000 -7.279849553 112.795059340 43.1940 5 8
2018/05/20 04:09:30.000 -7.279853921 112.795061524 43.5900 5 8
2018/05/20 04:09:45.000 -7.279850481 112.795053609 40.2349 5 8
2018/05/20 04:10:00.000 -7.279846933 112.795065175 45.0539 5 8
2018/05/20 04:10:15.000 -7.279852360 112.795066988 42.4133 5 8
2018/05/20 04:10:30.000 -7.279840258 112.795065962 45.6318 5 8
2018/05/20 04:10:45.000 -7.279840258 112.795065962 45.6318 5 8

```

8. Formulir Asistensi Tugas Akhir



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK GEOMATIKA
 Gedung Teknik Geomatika
 Telp. 031-5929487 - Fax. 929487
 email : geodesy@its.ac.id, geomatics@vahoo.com

FORM E

FORMULIR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Ririn Wuri Rahayu
 NRP : 0331144000079
 Judul TA : Pengaruh Koreksi Bias Ionosfer Terhadap Hasil Koordinat Pengamatan GPS Single Frequency Menggunakan Model Klobuchar

TANGGAL	MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
21/03/2018	- Download Data BRDC sebagai data simulasi perhitungan klobuchar. - Studi literatur model klobuchar	
1/04/2018	- Pembuatan program perhitungan koefisien klobuchar tahap 1: perhitungan koordinat satelit menggunakan Geotran (kdeph.f)	
10/04/2018	- Perhitungan IPP (Ionospheric Pierce Point, sudut elevasi dan azimuth) antara user dan satelit.	
25/04/2018	- Pembuatan program perhitungan koefisien klobuchar tahap 2: perhitungan bias ionosfer (Tiono).	
10/05/2018	- Perhitungan linearisasi rumus bias ionosfer	
17/05/2018	- Perhitungan nilai ambiguitas fase (N) - Diskusi skema pengukuran GPS	
26/05/2018	- Diskusi dengan Instansi LAPAN mengenai progres penelitian dan tahap permodelan koefisien klobuchar	

Hal : 1



FORM E

FORMULIR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Ririn Wuri Rahayu
 NRP : 0331144000079
 Judul TA : Pengaruh Koreksi Bias Ionosfer Terhadap Hasil Koordinat Pengamatan
 GPS *Single Frequency* Menggunakan Model *Klobuchar*

TANGGAL	MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
7/06/2018	- Pembuatan matriks permodelan koefisien klobuchar - Perhitungan koefisien klobuchar	
18/06/2018	- Pengolahan koordinat dengan perangkat lunak RTKLIB - Analisa hasil	
2/07/2018	- Asistensi Laporan Bab I, II, III	

BIODATA PENULIS



Ririn Wuri Rahayu di Kediri, 4 September 1996. Anak pertama dari pasangan Bapak Agus Suyitno dan Ibu Riyani. Pendidikan formal yang pernah ditempuhnya antara lain SD N Pehkulon, SMP N 2 Papar dan SMA N 1 Papar. Pada tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan Strata 1 melalui jalur SBMPTN dengan Beasiswa BIDIKMISI di Jurusan Teknik Geomatika ITS dan terdaftar dengan Nomor Registrasi Peserta (NRP) 3514100079. Riwayat organisasi penulis adalah sebagai Anggota Kabiro Pemetaan, Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) yang berada di bawah organisasi mahasiswa yakni Himpunan Mahasiswa Teknik Geomatika ITS (HIMAGEITS). Penulis juga berpartisipasi mengikuti pelatihan ketrampilan manajemen mahasiswa seperti LKMM PRA TD, LKMM TD, selain itu penulis juga mengikuti kegiatan minat bakat baik tingkat jurusan, fakultas dan Institut. Serta menjadi volunteer Indonesia Mengajar di Surabaya Di tahun terakhir kuliah, penulis menyusun sebuah tugas akhir yang berjudul *“Pengaruh Koreksi Bias Ionosfer Terhadap Hasil Koordinat Pengamatan GPS Single Frequency Menggunakan Model Klobuchar”*.