

**PEMBUATAN MODEL GEOID KOMBINASI PENGUKURAN
WATERPASS DAN GNSS DI UNIVERSITAS LAMPUNG**

(Tugas Akhir)

Oleh

**Ali Ridho
1805061023**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**KOMBINASI PENGUKURAN WATERPASS DAN GNSS DI
UNIVERSITAS LAMPUNG**

OLEH

ALI RIDHO

TUGAS AKHIR

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
AHLI MADYA TEKNIK**

Pada

**Program Studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan
Jurusan Teknik Geodesi Geomatika
Fakultas Teknik
Universitas Lampung**



**Fakultas Teknik
Universitas Lampung
Bandar Lampung
2023**

PEMBUATAN MODEL GEOID KOMBINASI PENGUKURAN WATERPASS DAN GNSS DI UNIVERSITAS LAMPUNG

Oleh

Ali Ridho

Tinggi merupakan jarak *vertikal (ketinggian)* yang diukur terhadap bidang datum, datum yang digunakan biasanya mengacu pada *sea level* atau permukaan geoid WGS-84 yang digunakan pada GPS. Sistem tinggi *orthometrik* merupakan tinggi yang diukur sepanjang garis unting-unting dari titik permukaan bumi sampai ke geoid. Geoid adalah bidang yang berhimpitan dengan muka laut rata-rata global dan dipergunakan sebagai acuan pada penentuan posisi tinggi atau *vertikal*.

Pada tugas akhir ini model geoid ditentukan dengan metode pengukuran *waterpass* dan pengukuran GPS, pengukuran *waterpass* dilakukan untuk mengetahui beda tinggi antara titik di permukaan bumi pengukuran *waterpass* dilakukan dengan metode *double stand* sedangkan pengukuran GPS dilakukan untuk mengetahui tinggi titik yang berada di atas permukaan *ellipsoid*. Untuk mengetahui undulasi sehingga dapat ditentukan tinggi titik geoid dilakukan menggunakan kalkulator *Alltrans EGM2008*.

Pada tugas akhir ini penulis menghasilkan 4 model geoid, *waterpass*, *height GPS*, dan rerata dari pengukuran *waterpass* dan geoid. Dari model tersebut diketahui bahwa model dari geoid dan *height* tidak terlalu berbeda. Sedangkan pada pengukuran *waterpass* memiliki model yang relatif berbeda, Peneliti menjadikan data pengukuran *waterpass* pembandingan dengan tinggi dari hasil pengukuran *gps heighting*. Kata kunci : GPS, *Waterpass*, *Alltrans EGM2008*, *Geoid*, *Orthometrik*

ABSTRACT

GEOID MODEL DEVELOPMENT OF COMBINATION OF WATERPASS AND GNSS MEASUREMENT AT LAMPUNG UNIVERSITY

By

Ali Ridho

Height is the vertical distance (height) measured against the datum plane, the datum used usually refers to sea level or the WGS-84 geoid surface used in GPS. The orthometric height system is the height measured along a plumb line from a point on the earth's surface to the geoid. The geoid is a plane that coincides with the global average sea level and is used as a reference for determining the height or vertical position. In this final project, the geoid model is determined using the waterpass measurement method and GPS measurement. Waterpass measurement is carried out to determine the difference in height between points on the earth's surface. to find out the undulation so that the height of the geoid point can be determined using the Alltrans EGM2008 calculator. In this final project, the author produces 4 models of geoid, waterpass, GPS height, and average of waterpass and geoid measurements. From these models it is known that the geoid and height models are not too different. Meanwhile, the water level measurement has a relatively different model. The researcher made the waterpass measurement data a comparison with the height from the GPS height measurement results. Keywords: GPS, Waterpass, Alltrans EGM2008, Geoid, Orthometrics

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir : PEMBUATAN MODEL GEOID
KOMBINASI PENGUKURAN
WATERPASS DAN GNSS DI
UNIVERSITAS LAMPUNG

Nama Mahasiswa : Ali Ridho

Nomor Pokok Mahasiswa : 1805061023

Program Studi : D3 TEKNIK SURVEY DAN PEMETAAN

Fakultas : Teknik



Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM

Dr. Fajriyanto, S.T., M.T

NIP.196410121992031002

NIP.197203022006041002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM

NIP.196410121992031002

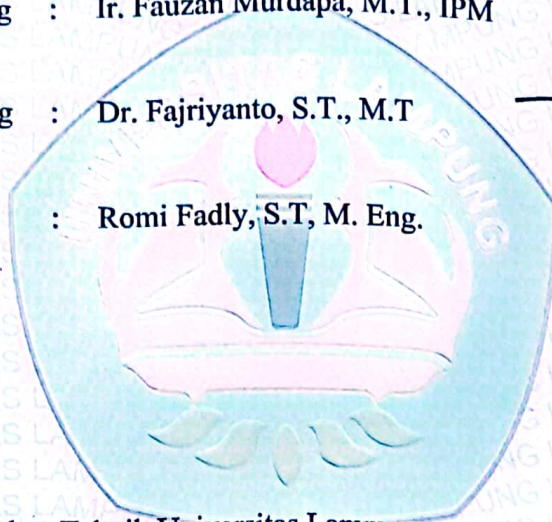
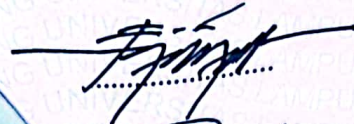
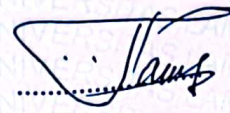
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Pembimbing : Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM

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

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



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. ENG. Ir Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. ✓

NIP. 19750928 2001121002

Tanggal Lulus Ujian Tugas Akhir : 14 Juni 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Penulis adalah **ALI RIDHO** dengan NPM 1805061023 dengan ini menyatakan bahwa apa-apa yang tertulis dalam Tugas Akhir ini adalah hasil karya penulis berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah penulis dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dengan hasil yang merujuk pada beberapa sumber seperti buku, jurnal, dan lain-lain yang telah dipublikasi sebelumnya dengan kata lain bukan hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini penulis buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam keterpaksaan, dan dapat dipertanggungjawabkan apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka penulis siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 21 Juni 2023

Yang membuat Pernyataan



Ali Ridho

NPM 1805061023

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 11 September 1998, penulis merupakan anak ke-dua dari pasangan Ibu Siti Maryam dan Bapak Eddy Sugianto.

Jenjang akademis penulis dimulai sejak Sekolah Dasar di SDN 3 Sumur Putri pada tahun 2012. Sekolah Menengah Pertama di SMPN 18 Bandar Lampung pada tahun 2015. Sekolah Menengah Kejuruan di SMKN 2 Bandar Lampung tahun 2018.

Pada tahun 2018 penulis terdaftar sebagai mahasiswa program studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan Universitas Lampung. Pada tahun 2021 penulis melakukan kegiatan Kerja Praktik (KP) di ATR/BPN Kabupaten Tanggamus dalam pelaksanaan pekerjaan PTSL di Kecamatan Kelumbayan Barat Kabupaten Tanggamus.

MOTTO

“Orang yang meraih kesuksesan tidaklah selalu orang yang pintar. Orang yang selalu meraih kesuksesan adalah orang yang gigih dan pantang menyerah”.

“Jangan pernah meninggalkan sholat”
(ibuku)

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang

Pesembahan kecil ini ku persembahkan untuk Allah Tuhan ku Yang Maha Esa

*Untuk diriku dan Orang tua ku yang selalu mencintai dan tidak berhenti
mendoakan langkah keberhasilan dunia juga akhirat ku*

Dan semua orang yang telah menyayangi dan berjalan bersama ku

SANWACANA

Puji Syukur menyebut nama Allah SWT yang Maha pengasih dan Maha penyayang. Segala puji bagi Allah SWT yang tak henti-hentinya melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun guna melengkapi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Program Studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan Universitas Lampung. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat menambah pengetahuan dan wawasan untuk para pembaca, serta dapat dimanfaatkan dan dapat memberikan pemikiran untuk perkembangan pengetahuan bagi penulis maupun bagi pihak yang berkepentingan. Penyusunan Tugas Akhir ini, tidak lupa penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Geomatika dan Program Studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung dan selaku pembimbing 1.
1. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan motivasi, masukan dan arahan demi terselesaikannya tugas akhir ini.
3. Bapak Romi Fadly S.T., M. Eng., selaku Dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran dan masukan yang sangat membantu penulis dalam memperbaiki tugas akhir ini.

4. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi dan moral.
5. Keluarga besar angkatan 2018 yang membantu dan memberikan motivasi kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing serta membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir dari awal hingga akhir. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, besar harapan penulis untuk menerima tanggapan, saran dan kritik yang sifatnya membangun. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca khususnya bagi masyarakat, mahasiswa dan pemerintahan dinas terkait.

Bandar Lampung, 20 Juni 2023

Penulis

Ali Ridho
NPM 1805061043

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud Tugas Akhir	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan Tugas Akhir.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengertian Elevasi.....	4
2.2 Pengukuran Sipat Datar/ <i>Waterpass</i>	4
2.3 Pengukuran GPS	5
2.4 Geoid.....	9
2.5 Sistem Tinggi	11
2.5.1 Tinggi Ellipsoid	12
2.5.2 Tinggi Orthometrik.....	13
2.6. Alltrans EGM2008 <i>Calculator</i>	14
III. METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Lokasi Studi Area	16
3.2 Metodologi Penelitian.....	16
3.3 Persiapan dan Peralatan	18
3.3.1 Literatur	18
3.3.2. Peralatan.....	18
3.3.3. Data Sekunder.....	19
3.4 Pengumpulan Data	19
3.5 Tahap pengolahan data	19
3.5.1 Pengolahan Hasil Pengamatan GPS	20
3.5.2 Pengolahan Undulasi Geoid.....	22

3.5.3 Pengolahan Data Ukur Pengukuran Waterpass	23
3.5.4 Perhitungan Geoid	24
3.6 Penggambaran.....	24
IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Hasil Pengolahan GPS	25
4.2. Data Hasil Pengukuran <i>Waterpass</i>	25
4.3 Hasil Perhitungan Tinggi Geoid	26
4.4 Penggambaran Model Geoid.....	26
V. KESIMPULAN.....	29
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pengukuran Sipat Datar.....	5
2. Tinggi ellipsoid dan tinggi <i>orthometrik</i>	7
3. Transformasi tinggi ellipsoid ke tinggi <i>orthometrik</i>	8
4. Penentuan tinggi secara diferensial.....	8
5. Tinggi Terhadap Bidang Referensi	12
6. Tinggi Eliipsoid.....	13
7. Tinggi <i>Orthometrik</i>	14
8. Lokasi Studi Area.....	16
9. Diagram Alir tugas akhir.....	17
10. Tampilan awal aplikasi Hi Target <i>Geomatics Office</i>	20
11. Tampilan <i>Settingan Project</i>	21
12. Tampilan <i>Plot Baselines</i>	21
13. Data <i>Plot</i> Pengamatan GPS.....	22
14. Tampilan Hasil Data Pengamatan.....	22
15. Proses <i>Software Alltrans EGM2008 Calculator</i>	23
16. Model tinggi <i>waterpass</i>	27
17. Model height GPS	27
18. Model geoid	28
19. Model rata-rata	28

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil pengolahan <i>Software</i> HGO.....	25
2. Hasil perhitungan data pengukuran <i>waterpass</i>	26
3. Hasil perhitungan tinggi geoid.....	26

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu permasalahan penting dalam bidang survei dan pemetaan adalah penentuan nilai komponen Tinggi *Orthometrik* (H). Penentuan tinggi *orthometrik* pada bidang geodesi selalu mengacu pada datum tinggi sebagai bidang level atau permukaan tinggi, yaitu *geoid*. *Geoid* merupakan bidang fisis dari representatif bentuk bumi yang dinyatakan sebagai bidang *equipotensial*. Bidang *equipotensial* merupakan bidang permukaan dimana titik-titik yang membentuk permukaan tersebut memiliki nilai potensial gaya berat yang sama. Untuk keperluan praktis, pada umumnya *geoid* dianggap berhimpit dengan muka air laut rata-rata (*mean sea level* = MSL).

Penentuan tinggi *orthometrik* dengan kualitas akurasi dan presisi yang baik dapat dilakukan dengan metode *leveling* menggunakan peralatan *waterpass*. Penentuan nilai komponen tinggi menggunakan data potensial gaya berat yang ditentukan dengan data nilai geopotensial gaya berat dan nilai rata-rata gaya berat sepanjang garis gaya berat (*plumb line*). Ketelitian nilai komponen tinggi dengan metode tersebut berada pada level 0,7 mm/km (Marti. U,dkk., 2008).

Penentuan tinggi *orthometrik* dengan metode *waterpass* teliti dengan koreksi nilai potensial gaya berat memiliki biaya operasional yang tinggi serta cakupan operasional yang dibatasi oleh kondisi lapangan.

Untuk mengatasi hal tersebut, sebuah metode lainnya dapat dipakai sebagai alternatif penentuan posisi tinggi *orthometrik*. Metode alternatif tersebut adalah metode penentuan tinggi (H) atau beda tinggi (ΔH) *orthometrik* menggunakan data pengamatan GPS (*Global Positioning System*) atau disebut juga metode GPS *Heighting*. Metode GPS merupakan metode penentuan posisi menggunakan Satelit GPS yang dapat memberikan nilai komponen horisontal (L, B), (E, N), (X, Y) dan nilai komponen tinggi yang dinyatakan sebagai tinggi di atas bidang *ellipsoid* (h). Metode penentuan tinggi atau beda tinggi dengan menggunakan metode GPS pada prinsipnya adalah menggunakan data komponen tinggi *ellipsoid* (h) dan nilai undulasi geoid (N) untuk menentukan tinggi *orthometrik* (H). Tinggi yang digunakan untuk pemetaan topografi adalah tinggi *orthometrik* (H), namun tinggi yang dihasilkan pada pengukuran GPS masih merujuk ke tinggi *elipsoid* (h) belum merujuk ke tinggi *orthometrik*, oleh karena itu diperlukan proses reduksi tinggi menggunakan undulasi dari tinggi *elipsoid* ke tinggi *orthometrik*.

Nilai undulasi dapat diperoleh dengan beberapa metode, diantaranya adalah metode geometrik yaitu pengukuran lapangan menggunakan GNSS dan Waterpass, gravimetri, geometris satelit, astrogeodetik dan kasus gabungan serta menggunakan aplikasi EGM2008 untuk nilai undulasi geoid global dan nilai undulasi geoid nasional yang dikeluarkan langsung oleh SRGI atau BIG. EGM2008 (*Earth Gravitational Model 2008*) adalah suatu model gravitasi global yaitu sebagai data global yang paling baru dimana telah memasukkan semua data di seluruh dunia baik dari satelit maupun dari pengukuran di lapangan hingga yang terbaru. Global model ini mempresentasikan keadaan bumi yang lebih mutakhir dibandingkan dengan *Earth Gravitational Model 1996* (EGM1996). Tinggi undulasi geoid yang diperoleh dari EGM2008 adalah hasil penggunaan *software* Alltrans EGM2008 (Giovani, 2023). Untuk itu penulis mencoba untuk menghitung nilai undulasi geoid di sebagian Universitas Lampung untuk nantinya akan dihasilkan model geoid.

1.2 Maksud Tugas Akhir

Adapun maksud dari Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui nilai undulasi geoid (N) antara *GPS Heighting* dan *Waterpass* dan membuat model geoid

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah membuat model geoid di sebagian Universitas Lampung dengan metode *GPS Heighting* dan *Waterpass*

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengukuran *double stand* di Universitas Lampung
2. Pengolahan data ukur dari pengamatan *GNSS* dan pengukuran *waterpass*
3. Perhitungan nilai elevasi dari *watrepass*
4. Pembuatan model geoid dengan menghitung nilai undulasi menggunakan *EGM 2008 Calculator*
5. Pembuatan model geoid dengan asumsi tinggi titik ULP2 (depan perpustakaan unila) memiliki nilai ketinggian orthometris sebesar 116,146 m (dari website SRGI.BIG.GO.ID)

1.5 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini terdiri dari:

1. Bab I pendahuluan yang membahas tentang latar belakang, maksud dan tujuan, batasan masalah Tugas Akhir.
2. Bab II menjelaskan teori dasar yang berhubungan dengan laporan Tugas Akhir.
3. Bab III menjelaskan kegiatan yang dilakukan dalam Tugas Akhir.
4. Bab IV menjelaskan tentang hasil dan pembahasan.
5. Bab V berisikan penutup dan kesimpulan dari hasil laporan Tugas Akhir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Elevasi

Elevasi adalah ketinggian titik di permukaan bumi yang di dapat dari dalam suatu pengukuran. Dalam pengukuran tinggi ada beberapa istilah yang sering digunakan, yaitu :

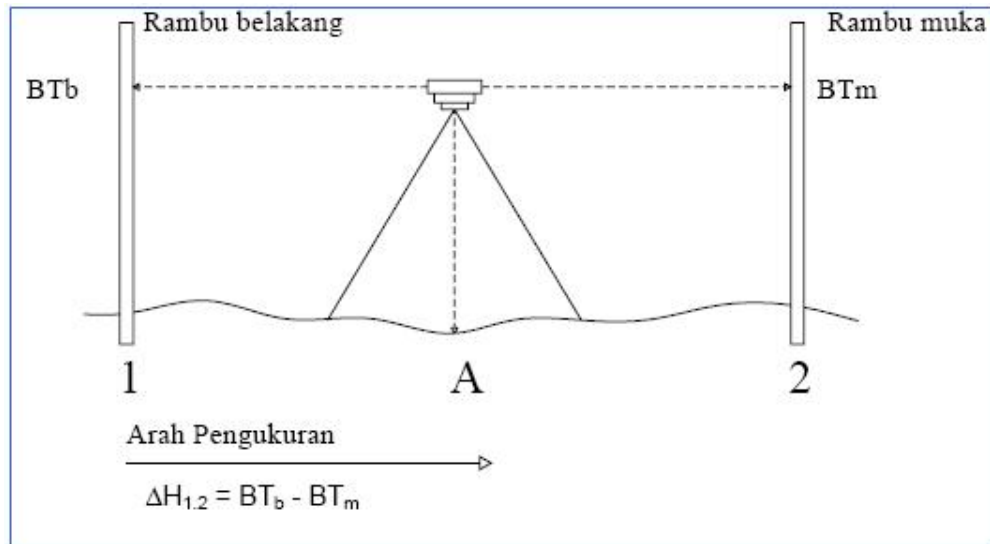
1. Garis vertikal adalah garis yang menuju ke pusat bumi, yang umum dianggap sama dengan garis unting-unting.
2. Bidang mendatar adalah bidang yang tegak lurus garis vertikal pada setiap titik. Bidang horizontal berbentuk melengkung mengikuti permukaan laut.
3. Datum adalah bidang yang digunakan sebagai bidang referensi untuk ketinggian, misalnya permukaan laut rata-rata.

Elevasi adalah jarak vertikal (ketinggian) yang diukur terhadap bidang datum, Datum yang digunakan biasanya mengacu pada sea level atau permukaan geoid WGS-84 yang digunakan pada GPS (*Global Positioning System*). Oleh karena itu, tidak heran jika banyak orang yang mengatakan bahwa elevasi adalah daerah permukaan laut (dpl)

2.2 Pengukuran Sipat Datar/*Waterpass*

Pengukuran sipat datar mempunyai maksud untuk menentukan beda tinggi antara titik-titik pada permukaan bumi. Sebagai acuan penentuan tinggi titik-titik tersebut di gunakan muka air laut rata-rata (MSL) atau tinggi lokal.

Dalam hubungan ini *Levelling* dapat di definisikan sebagai suatu metoda untuk menggambarkan ketinggian benda secara relatif terhadap datum sebagai referensi.



Gambar 1. Pengukuran Sipat Datar
(Sumber: Masrul 2015)

Datum merupakan bidang mendatar yang melewati titik B. Dalam istilah geodesi datum ketinggian yang digunakan adalah berupa tinggi permukaan air laut rata-rata (*mean sea level*). Berdasarkan datum tersebut dapat dikembangkan jaringan *levelling*, sebagai titik kontrol ketinggian yang biasanya di sebut *Bench Mark* (BM). Pengukuran menyipat datar mempunyai maksud untuk menentukan beda tinggi antara titik-titik pada permukaan bumi. Sebagai acuan terhadap penentuan tinggi titik-titik tersebut di gunakan muka air laut rata-rata (MSL)

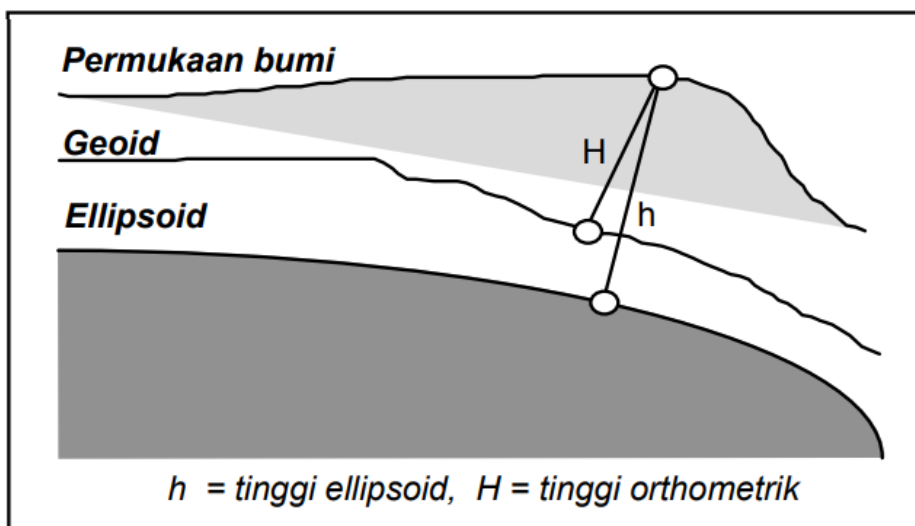
2.3 Pengukuran GPS

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.

Metode absolut atau juga dikenal sebagai *point positioning*, menentukan posisi hanya berdasarkan pada 1 alat penerima (*receiver*) saja. Ketelitian posisi dalam beberapa meter (tidak berketelitian tinggi) dan umumnya hanya diperuntukkan 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, beda tinggi antara titik-titik pada permukaan bumi. Sebagai acuan terhadap penentuan tinggi titik-titik tersebut di gunakan muka air laut rata-rata (MSL)

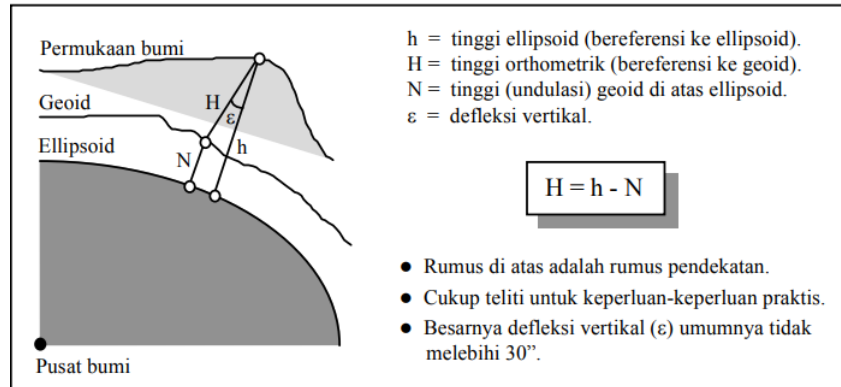
Ketinggian titik yang diberikan oleh GPS adalah ketinggian titik di atas permukaan *ellipsoid*, yaitu *ellipsoid* WGS (*World Geodetic System*) 1984 (Abidin, 2001). Tinggi *ellipsoid* (h) tersebut tidak sama dengan tinggi *orthometrik* (H) yang umum digunakan untuk keperluan praktis sehari-hari yang biasanya diperoleh dari pengukuran sipat datar (*levelling*). Tinggi *orthometrik* suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas geoid diukur sepanjang garis gaya berat yang melalui titik tersebut, sedangkan tinggi *ellipsoid* suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas *ellipsoid* dihitung sepanjang garis normal *ellipsoid* yang melalui titik tersebut. Seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Tinggi ellipsoid dan tinggi *orthometrik*.
(sumber: Sai, S. 2010)

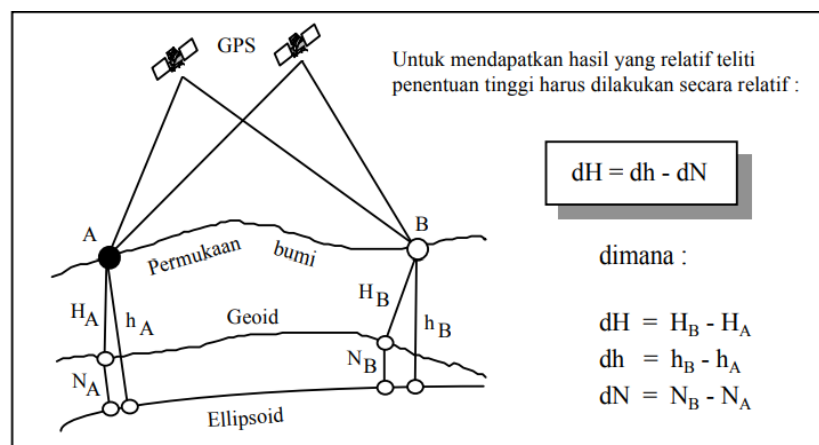
Untuk keperluan praktis umumnya geoid dianggap berimpit dengan muka air laut rata-rata (*Mean Sea Level, MSL*). Geoid adalah bidang referensi untuk menyatakan tinggi *orthometrik*. Secara matematis, geoid adalah suatu permukaan yang sangat kompleks yang memerlukan sangat banyak parameter untuk merepresentasikannya. Oleh karena itu untuk merepresentasikan bumi ini secara matematis serta untuk perhitungan matematis orang umumnya menggunakan suatu ellipsoid referensi dan bukan geoid. Ellipsoid referensi dan geoid umumnya tidak berimpit, dan dalam hal ini ketinggian geoid terhadap ellipsoid dinamakan undulasi geoid (N).

Untuk dapat mentransformasi tinggi *ellipsoid* hasil ukuran GPS ke tinggi *orthometrik* maka diperlukan undulasi geoid di titik yang bersangkutan. Geometri dari dan rumus untuk transformasi tersebut ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. Transformasi tinggi ellipsoid ke tinggi orthometrik.
(Sai, S. 2010)

Ketelitian dari tinggi *orthometrik* yang diperoleh akan tergantung pada ketelitian dari tinggi GPS serta undulasi geoid. Perlu dicatat di sini bahwa penentuan undulasi geoid secara teliti (orde ketelitian cm) bukanlah suatu pekerjaan yang mudah. Disamping diperlukan data gaya berat yang detil, juga diperlukan data ketinggian topografi permukaan bumi serta data densitas material dibawah permukaan bumi yang cukup. Untuk mendapatkan hasil yang relatif teliti, transformasi tinggi GPS ke tinggi *orthometrik* umumnya dilakukan secara diferensial, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. Penentuan tinggi secara diferensial
(sumber: Sai, S. 2010)

Karena tingkat fleksibilitas operasionalnya yang tinggi serta tingkat ketelitiannya yang relatif cukup tinggi, dapat diperkirakan bahwa penentuan

tinggi dengan GPS akan punya peran yang cukup besar di masa mendatang. Beberapa contoh aplikasi yang dapat dipertimbangkan dalam hal ini adalah :

1. Pemantauan perubahan beda tinggi antar titik (berguna untuk mempelajari deformasi struktur, pergerakan lempeng, survai rekayasa, dan lain lain nya);
2. Penentuan tinggi *orthometrik* suatu titik (seandainya geoid yang diketahui);
3. Penentuan geoid (seandainya tinggi orthometrik diketahui), dan
4. Transfer datum tinggi antar pulau.

2.4 Geoid

Menurut Perka BIG nomor 15 tahun 2013 geoid merupakan bidang ekuipotensial medan gayaberat yang berhimpitan dengan muka laut rata –rata global, yang dipergunakan sebagai acuan pada penentuan posisi tinggi atau *vertikal* suatu titik di muka bumi.

Geoid digunakan sebagai kerangka acuan geospasial vertikal. Geoid berasal dari survei gravimetri yang terkait dengan Jaringan Geodesi Referensi (JRG). Metode pengukuran gayaberat dapat dilakukan dengan metode absolut atau relatif. Untuk pengambilan data dapat menggunakan survey darat langsung atau alat transportasi lain seperti pesawat terbang (udara) atau kapal laut (*ship*). Adapun fungsi atau kegunaan dari geoid sendiri yaitu :

1. Data gayaberat (data mentah) dapat digunakan untuk eksplorasi dan pengembangan sumber daya alam seperti minyak dan gas bumi oleh berbagai kementerian/lembaga terkait.
2. Data hasil antara seperti anomali penerbangan bebas dan anomali gravitasi Bougeres dapat digunakan untuk manajemen bencana, dan lain sebagainya,
3. Data akhir, dalam hal ini geoid, dapat digunakan sebagai sistem referensi geospasial vertikal untuk menyatukan sistem elevasi di

semua wilayah, khususnya dalam karya geodesi dan kartografi nasional

Agar data gayaberat di seluruh wilayah Indonesia mengacu pada standar gayaberat yang sama, tentunya perlu juga dibentuk Jaringan Pemantau Gayaberat Nasional (JPGN) yang tersebar di seluruh Indonesia. Selain itu, diperlukan pengukuran rutin (semesteran atau tahunan) di titik-titik JPGN untuk memantau perubahan nilai gayaberat. Beberapa metode yang digunakan untuk mendapatkan data gayaberat antara lain:

1. Survei Gayaberat *Airborne*, Pada dasarnya, pengukuran gayaberat *airborne* adalah pengukuran gayaberat relatif. Artinya, perbedaan antara besarnya gayaberat di lokasi tertentu dan besarnya gayaberat di suatu titik di mana besarnya gayaberat diketahui diukur.
2. Survei Gayaberat Absolut, Pengukuran gaya berat mutlak bertujuan untuk mendapatkan nilai gaya berat mutlak atau absolute pada titik tersebut. Metode pengukuran gayaberat ini dilakukan dengan cara mengukur nilai gayaberat pada suatu tempat secara langsung dengan menggunakan prinsip unting-unting atau jatuh bebas benda. Nilai mutlak gayaberat tidak mensyaratkan nilai kendali tersebut terikat pada titik kendali manapun, sehingga ke depan Indonesia akan memiliki titik acuan/titik kendali gravitasi sendiri, tidak lagi terkait dengan IGSN71.
3. Survei Gayaberat Terestris, Cara ini merupakan cara yang paling umum digunakan. Pengukuran ini pada dasarnya adalah pengukuran gayaberat yang dilakukan di darat. Dalam praktiknya, pengukuran dilakukan dengan membentuk ikatan atau putaran yang dimulai dan diakhiri pada titik referensi yang sama.

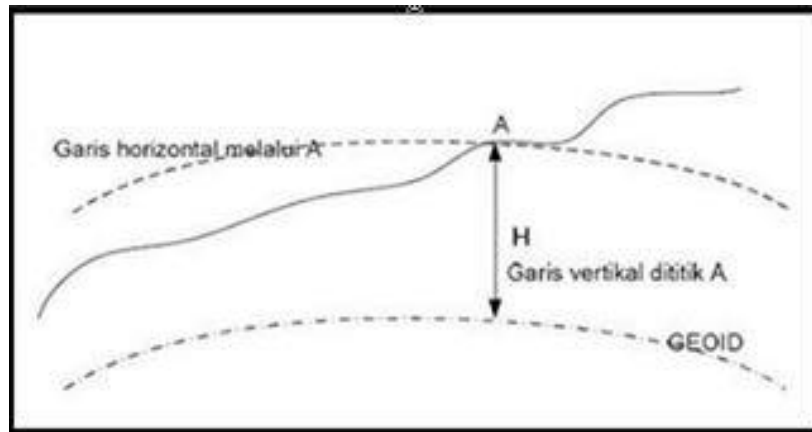
2.5 Sistem Tinggi

Secara umum, sistem tinggi dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu: sistem tinggi geometris dan sistem tinggi fisis. Sistem tinggi geometris adalah sistem tinggi yang pengukurannya dilakukan terhadap bidang acuan matematis atau geometris tanpa memperhitungkan aspek fisik. Salah satunya jenis pengukuran tinggi dengan sistem tinggi geometris adalah tinggi geodetik yang diperoleh dari pengukuran dengan GNSS atau GPS.

Adapun sistem tinggi fisis adalah sistem tinggi yang pengukurannya terhadap bidang acuan fisis dan memperhitungkan aspek-aspek fisis, misalnya pengukuran tinggi barometris dan tinggi orthometrik. Sistem tinggi fisis dibagi menjadi tiga, yaitu sistem tinggi dinamik, sistem tinggi orthometrik, dan sistem tinggi normal. Sistem tinggi dinamik adalah tinggi yang dihitung dari perbandingan geopotensial suatu titik terhadap gayaberat normal yang digunakan. Titik-titik yang memiliki geopotensial yang sama memiliki tinggi dinamis yang sama, karena besarnya gayaberat normal akan berlaku di setiap tempat pengukuran (Hofmann-Wellenhof dan Moritz, 2005).

Sistem tinggi *orthometrik* adalah tinggi yang diukur di sepanjang garis unting-unting dari titik di permukaan bumi sampai ke geoid (Hofmann-Wellenhof dan moritz, 2005). Sistem tinggi normal ditemukan oleh Molodenski (1954), dan sifatnya sangat teoritis sehingga tidak pernah dipakai untuk keperluan praktis sistem tinggi normal menggunakan bidang *telluroid* dan *quasi* geoid dalam mempresentasikan ketinggian. Informasi tinggi yang ada di permukaan bumi ada umumnya terdapat dua jenis utama tinggi, yaitu:

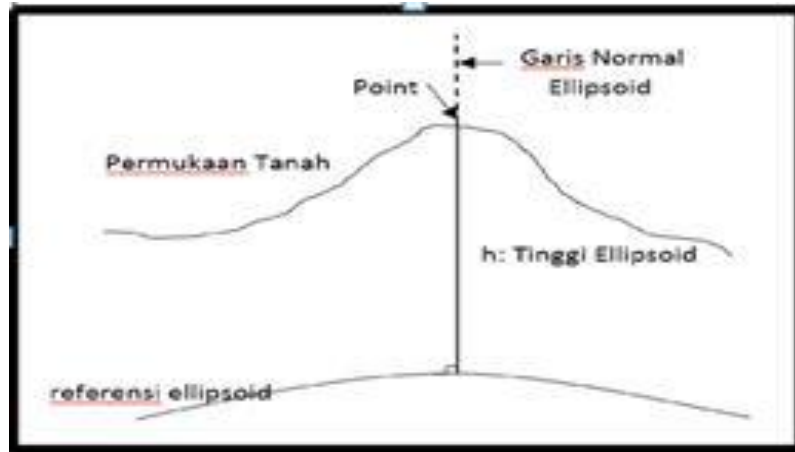
1. Tinggi Ellipsoid
2. Tinggi Orthometrik



Gambar 5. Tinggi Terhadap Bidang Refensi
(Anjasmara, 2005)

2.5.1 Tinggi Ellipsoid

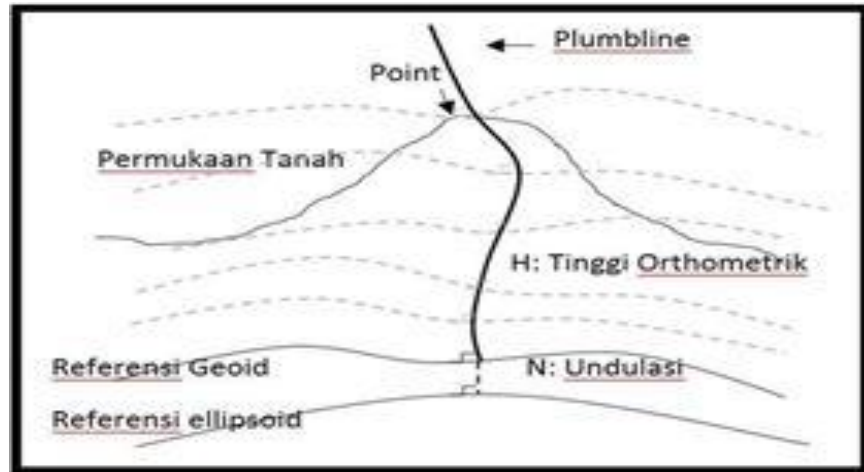
Tinggi *ellipsoid* adalah tinggi yang diperoleh tanpa ada hubungannya dengan gravitasi bumi. Sistem tinggi ini digunakan oleh sistem pengamatan yang dilakukan menggunakan GPS. Tinggi ellipsoid adalah jarak garis lurus yang diambil sepanjang bidang ellipsoid normal dari permukaan geometris yang diambil dari referensi ellipsoid ke titik tertentu (Featherstone, 2006). Ketinggian titik yang diberikan oleh *GPS* adalah ketinggian titik di atas permukaan ellipsoid, yaitu *ellipsoid World Geodetic System (WGS) 1984* (Abidin, 2001). Tinggi *ellipsoid* (h) tersebut tidak sama dengan tinggi orthometrik (H) yang umum digunakan untuk keperluan praktis sehari-hari yang biasanya diperoleh dari pengukuran sifat datar (*levelling*). Tinggi *orthometrik* suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas *geoid* diukur sepanjang garis gayaberat yang melalui titik tersebut, sedangkan tinggi *ellipsoid* suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas *ellipsoid* dihitung sepanjang garis normal *ellipsoid* yang melalui titik tersebut. Pada Gambar 2.2 dijelaskan referensi tinggi *ellipsoid*. Dimana h : Jarak garis lurus yang diambil sepanjang bidang ellipsoid normal ke titik tertentu di atas permukaan bumi yang memiliki referensi *ellipsoid* ke titik tertentu.



Gambar 6. Tinggi Eliipsoid
(Featherstone, 2006)

2.5.2 Tinggi Orthometrik

Tinggi Orthometrik suatu titik adalah jarak geometris yang diukur sepanjang unting-unting (*Plumb Line*) antara geoid ke titik tersebut. Tinggi orthometrik ini merupakan tinggi yang umumnya dimengerti dan paling banyak digunakan. Lain halnya dengan tinggi dinamis, tinggi orthometrik ini memiliki nilai geometris. Permukaan geoid referensi sangat unik, dikarenakan satu bidang eipotensial yang merupakan bidang yang memiliki nilai gravitasi tunggal sama dengan permukaan laut di lautan terbuka. Dalam keperluan praktisnya tinggi orthometrik sangat sulit di realisasikan, karena untuk merealisasikan hal yang perlu diketahui adalah arah tegak lurus dari percepatan gravitasi terhadap permukaan di semua titik yang berada sepanjang jarak tersebut.



Gambar 7. Tinggi Orthometrik
(Featherstone, 2006)

2.6. Alltrans EGM2008 Calculator

Dalam proses memperoleh data menggunakan *Alltrans EGM2008* merupakan *software* kalkulator untuk menghitung undulasi geoid EGM2008 dengan cepat dan mudah. Anda dapat melakukan input manual, input file gabungan dan jaring geoid. Sehingga memungkinkan untuk mengubah nilai ketinggian MSL (*Mean Sea Level*) dan undulasi geoid dalam pesan NMEA GGA.

EGM 2008 menunjukkan perkembangan dari EGM 96 yaitu resolusinya 6 kali lebih baik dan akurasi 3 sampai dengan 6 kali lebih baik bergantung pada kuantitas gayaberat dan kondisi geografi suatu wilayah (Catalão and Sevilla, 2009) atau setara dengan 4.670.00. EGM 2008 merupakan model *spherical harmonic* dari potensial gayaberat bumi yang dikembangkan dengan kombinasi kuadrat terkecil dari model gayaberat ITG- GRACE03S dan diasosiasikan dengan matriks kesalahan kovarian. Informasi gayaberat didapatkan dari pengukuran anomali gayaberat *free-air* dengan grid 2,5 menit. Grid tersebut dibentuk dari kombinasi data terestrial, turunan altimetri dan data gayaberat dari *airborne* (Suryaningsih dan Mutiara, 2017). Informasi gayaberat didapatkan dari pengukuran anomali gayaberat *free-air* dengan grid 2,5 menit. Grid tersebut dibentuk dari kombinasi data terestrial, turunan

altimetri dan data gayaberat tambahan hingga 2.190. Semua area merupakan data gayaberat yang berkualitas yang didapatkan dari *undulasi geoid* EGM 2008 dan pengukuran GPS/*Levelling* secara independen dibawah orde 5 sampai dengan 10 cm. Defleksi vertikal EGM 2008 di Amerika Serikat dan Australia mencapai 1,1 hingga 1,3 perdetik dari nilai astrogeodesi independen. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa EGM2008 merupakan model *geoid* yang detail dan sesuai dengan kondisi sesungguhnya. EGM2008 juga berhubungan dengan perhitungan model gayaberat berdasarkan satelit GRACE.

EGM 2008 menunjukkan perkembangan data dan data gravitasi pada EGM 2008 tidak memperhitungkan koreksi pasang surut yang diakibatkan gaya tarik menarik bumi dengan bulan (*Tide-Free*). Data EGM 2008 mengkombinasikan data satelit altimetri, data gayaberat terestris dan data gaya berat *satellite* GRACE dan Model Geopotensial ini memiliki resolusi 5' Bujur dan 5' Lintang. *Earth Gravitational Model 2008* (EGM 2008). Sebagai data global yang paling baru EGM 2008 telah memasukkan semua data di seluruh dunia baik dari satelit maupun dari pengukuran di lapangan hingga yang terbaru. Global model ini mempresentasikan keadaan bumi yang lebih mutakhir dibandingkan dengan *Earth Gravitational Model 1996* (EGM 1996) (Ramdani, 2008).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Studi Area

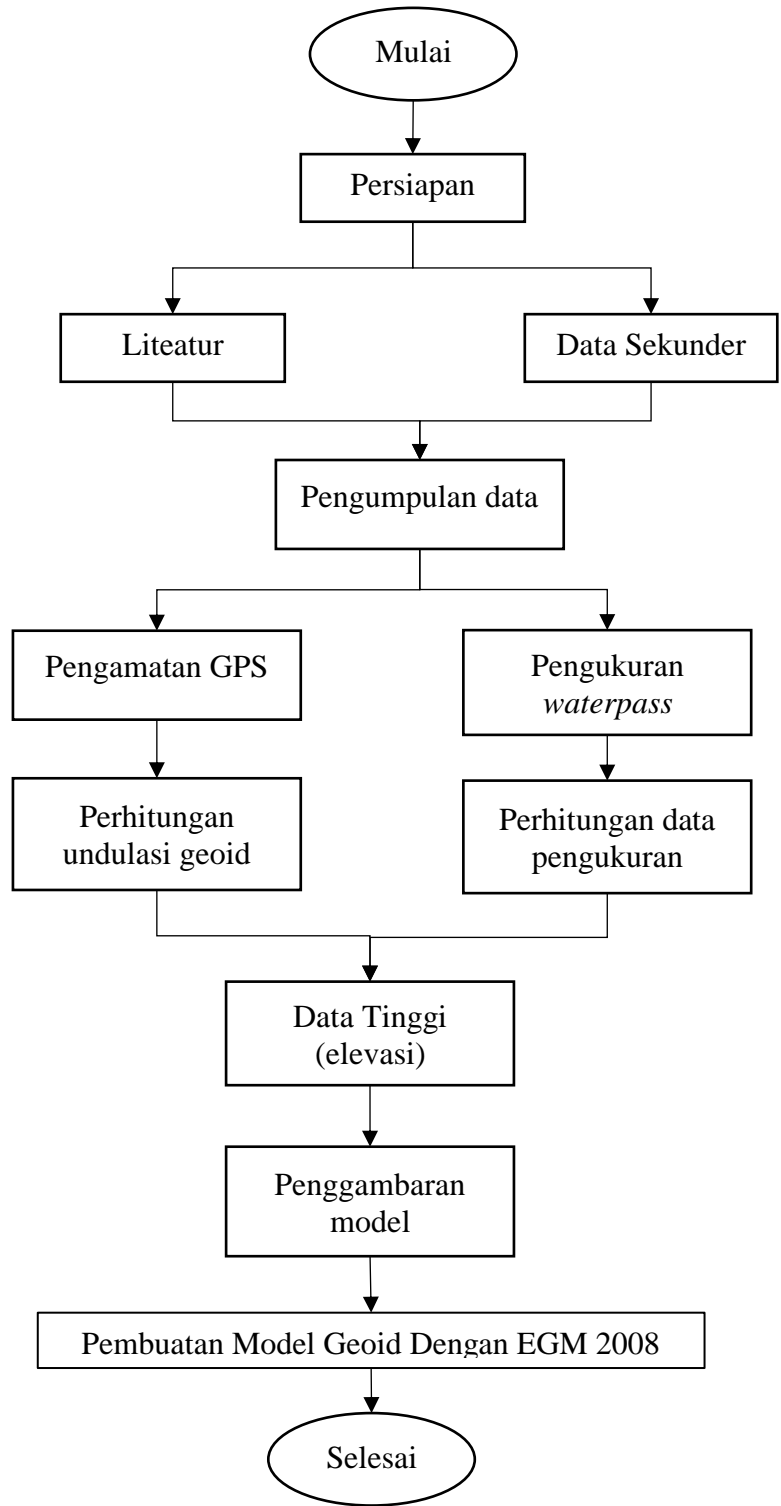
Lokasi Studi Lokasi studi area ini berada Universitas Lampung.



Gambar 8. Lokasi Studi Area

3.2 Metodologi Penelitian

Adapun metodologi pada Tugas Akhir ini meliputi persiapan, pengumpulan data, pengukuran *waterpass* dan pengukuran GNSS, pengolahan data perhitungan elevasi *waterpass*, elevasi GNSS dan setelah dilakukan pengolahan data selanjutnya masuk ke tahap penggambaran.



Gambar 9. Diagram Alir tugas akhir

3.3 Persiapan dan Peralatan

Sebelum melakukan penelitian penulis melakukan persiapan mulai dari peminjaman instrumen alat-alat penelitian dari jurusan, melakukankalibrasi alat waterpass, kegiatan akuisisi data dan membuat desain rencana pengukuran, serta persiapan-persiapan lainnya guna menunjang pekerjaan selama penelitian berlangsung.

3.3.1 Literatur

Dalam tahapan ini penulis mengumpulkan informasi serta membaca tinjauan pustaka pada penelitian-penelitian sejenisnya yang sudah dilakukan sebelumnya dari berbagai sumber jurnal penelitian, buku serta untuk teori penulis mengumpulkan informasi dari pembelajaran yang dilakukan pada perkuliahan maupun dari video pembelajaran yang dibuat dari ahli ilmu Geodesi di Indonesia. Penulis menemukan penelitian- penelitian sebelumnya menggunakan GPS dengan metode Statik pada pengambilan data koordinat dan digunakan untuk penentuan tingi Orthometrik.

3.3.2. Peralatan

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitan ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak.

- a. Perangkat Lunak terdiri dari :
 1. Laptop
 2. Mouse
 3. GNSS *Geodetic* Hi Target V60 + *Controller*
 4. *Waterpass*
 5. Meteran Palu , paku dan Rambu ukur
 6. Statif
- b. Perangkat Lunak terdiri dari :
 1. *Microsoft Word* 2016 digunakan untuk penulisan laporan.

2. *Microsoft Exel 2016* digunakan untuk pengolahan data.
3. *AllTrans EGM 2008 Calculator* digunakan untuk mendapatkan nilai undulasi geoid global dengan data koordinat dari GNSS
4. *Hi-Target Geomatics Office (HGO)* digunakan untuk mencari tinggi Orthometrik
5. *Software Surfer* untuk menampilkan model Geoid

3.3.3. Data Sekunder

Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Data elevasi dari pengukuran sipat datar di titik yang telah di buat di sepanjang jalan lingkungan kampus Universitas Lampung
2. Data pengukuran GNSS Metode Statik di kawasan Universitas Lampung.

3.4 Pengumpulan Data

Dalam pelaksanaan kegiatan Tugas Akhir ini diperlukan data sebagai penunjang dalam kegiatan pembuatan model geoid dengan data yang digunakan dalam kegiatan Tugas Akhir ini adalah, sebagai berikut:

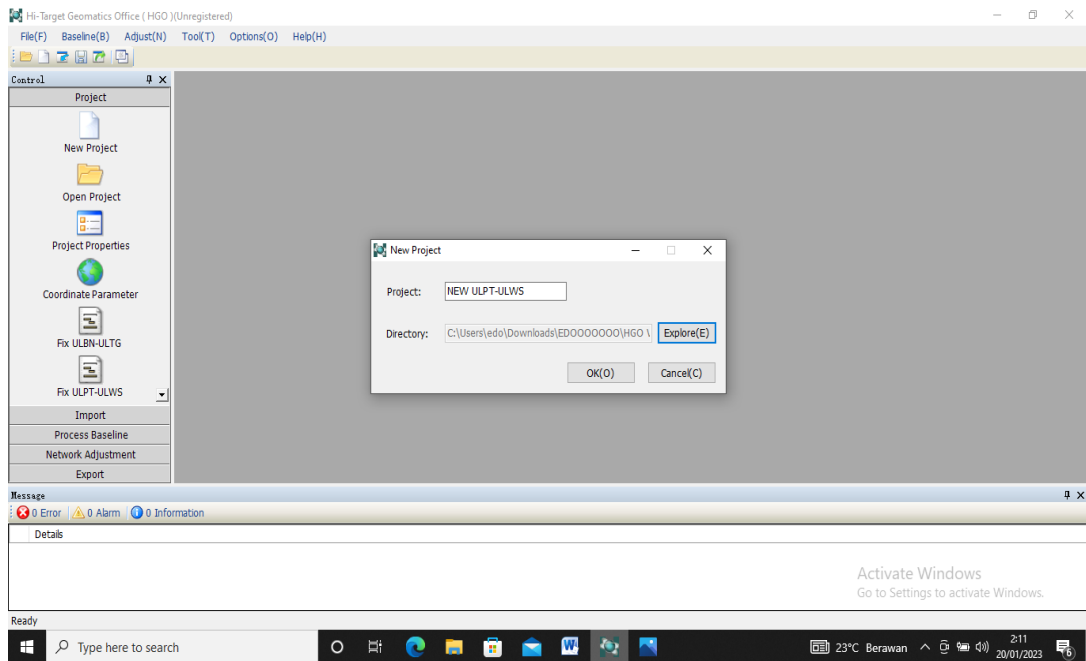
1. Data hasil pengukuran menggunakan alat *GNSS*
2. Data hasil pengukuran menggunakan alat *waterpass*

3.5 Tahap pengolahan data

Pengolahan data dilakukan dengan dua cara, yaitu menghitung hasil metode geometrik yaitu pengukuran beda tinggi dari pengukuran sipat datar dan Pengamatan GPS Kemudian pengolahan data menggunakan *software HGO (Hi-Target Geomatics Office)* menggunakan data GNSS yang telah diubah ke format RINEX. Selain itu membutuhkan data ikat sebagai acuan dengan menggunakan RINEX CORS Bandar jaya dan data RINEX yang telah di olah dari file pengamatan GPS.

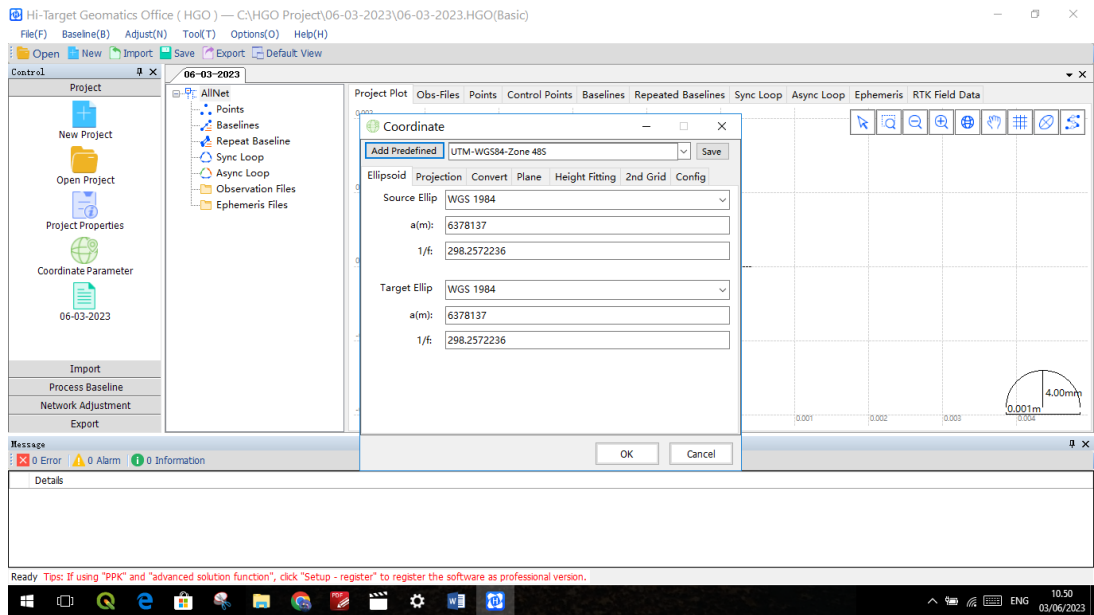
3.5.1 Pengolahan Hasil Pengamatan GPS

Membuka *Software* HGO, Lalu membuat *project* baru dengan mengisi nama *project* dan tempat untuk menyimpan data yang akan diolah.



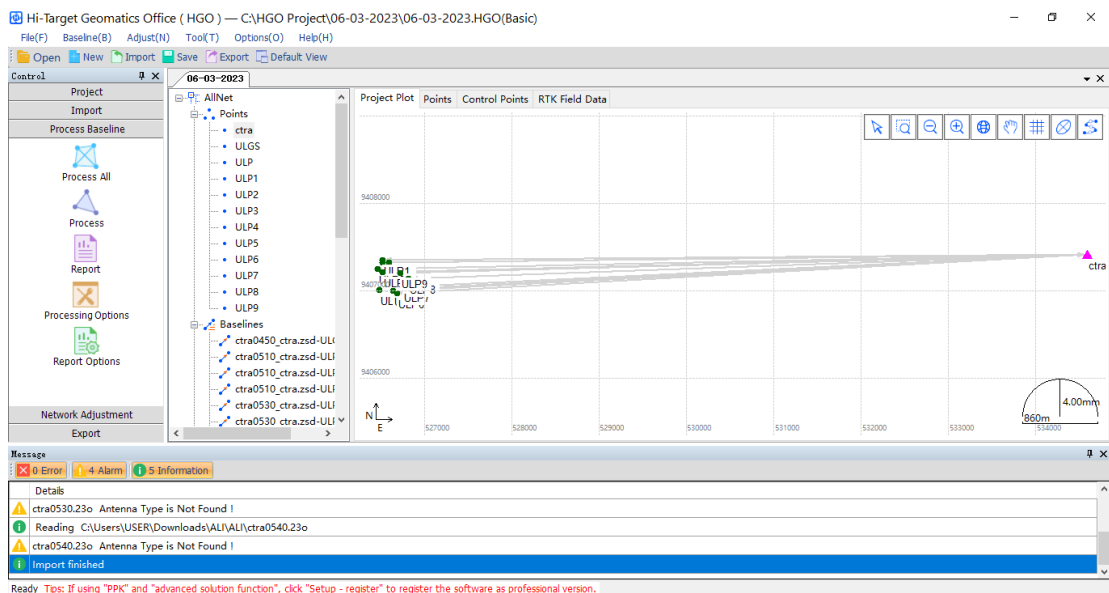
Gambar 10. Tampilan awal aplikasi Hi Target *Geomatics Office*

Langkah selanjutnya dengan menetapkan koordinat *ellipsoid* yang tepat dengan pengamatan yaitu dengan menggunakan UTM-WGS84-Zone48S



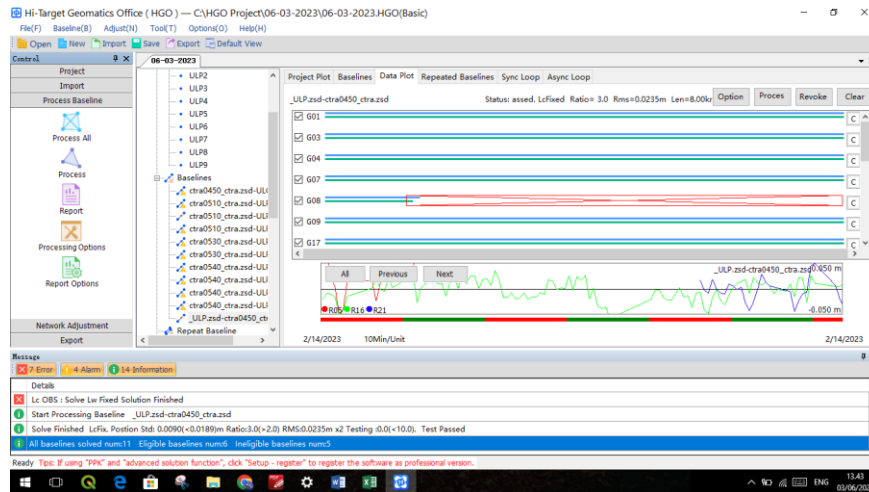
Gambar 11. Tampilan *Settingan Project*

Setelah *default* sudah diatur semua langkah selanjutnya adalah memasukkan data titik ikat atau RINEX CORS ITERA sebagai *Base* dan data RINEX dari pengamatan GPS dilapangan dengan cara mengimport file RINEX sesuai Doy pada hari pengukuran tersebut.



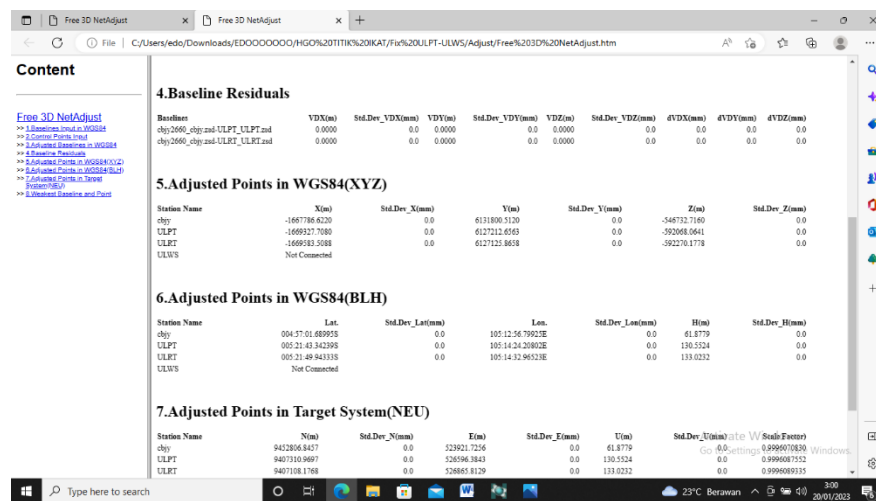
Gambar 12. Tampilan *Plot Baselines*

Lalu akan muncul plot dengan titik ITERA sebagai titik ikat pengukuran. Setelah itu melakukan proses *Baseline* dengan data *plot* dari GPS yang mengamati di waktu yang sama.



Gambar 13. Data *Plot* Pengamatan GPS

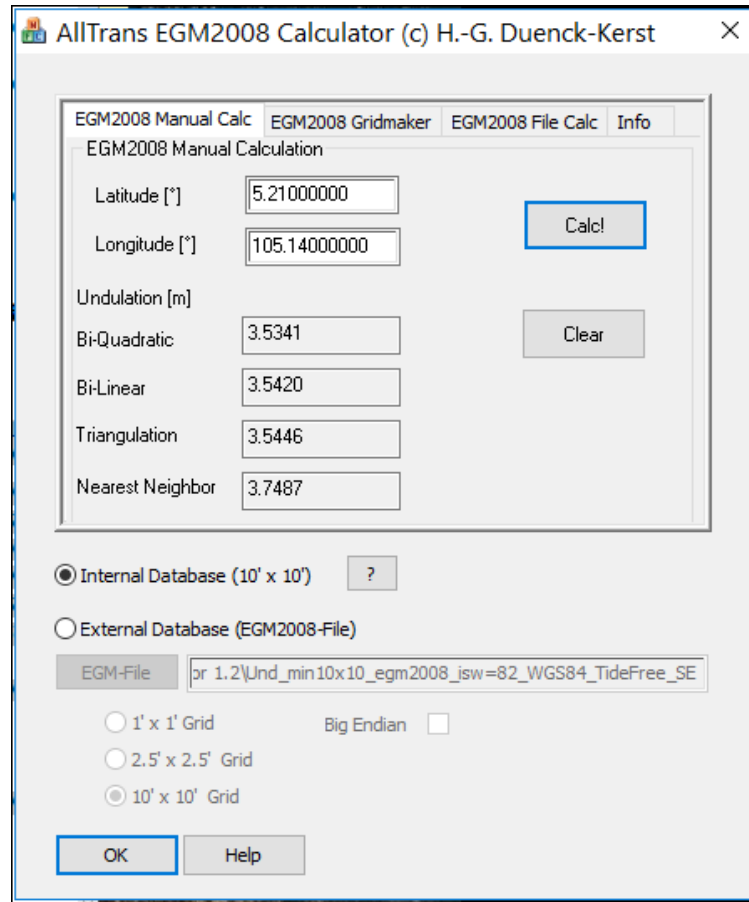
Setelah itu melakukan proses *Network Adjustment*, Untuk menampilkan semua data dari titik pengamatan. Sehingga data ketinggian dapat diperoleh dari tahap akhir tersebut



Gambar 14. Tampilan Hasil Data Pengamatan

3.5.2 Pengolahan Undulasi Geoid

Proses pengolahan undulasi geoid menggunakan *AllTrans EGM 2008 Calculator* . dengan internal *database 10'x 10'*



Gambar 15. Proses *Software Alltrans EGM2008 Calculator*

3.5.3 Pengolahan Data Ukur Pengukuran *Waterpass*

Setelah pengukuran *waterpass* dilakukan tahapan yang dilakukan selanjutnya adalah input data ke dalam *software excel* guna melanjutkan proses perhitungan beda tinggi. Dapat dilihat di lampiran B

3.5.4 Perhitungan Geoid

Proses perhitungan geoid dilakukan menggunakan microsoft excel menggunakan rumus

$$H = h - N \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

H = tinggi orthometrik yang bereferensi ke geoid

h = tinggi *ellipsoid* yang bereferensi ke *ellipsoid*

N = tinggi undulasi geoid di atas *ellipsoid*

3.6 Penggambaran

Penggambaran elevasi dilakukan setelah pengolahan data selesai, hasil dari proses penggambaran berupa peta yang kemudian terdapat perbedaan ketelitian elevasi dalam pengukuran antara alat *GNSS* dengan alat *waterpass*. Model geoid di gambarkan dengan *Surfer* atau *Global Mapper*.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil kegiatan tugas akhir ini dapat disimpulkan Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah membuat model geoid di sebagian Universitas Lampung dengan metode *GPS Heighting* dan *Waterpass*. Serta membuat model geoid di sebagian Universitas Lampung dengan metode *GPS Heighting* dan *Waterpass*

5.2 Saran

Saran penulis pada saat melakukan pengukuran GPS sebaiknya dilakukan pengamatan dengan timer yang lebih lama, pada penelitian ini penulis melakukan pengamatan selama 1 jam pada setiap tinggi titik pengukuran dan jumlah sinyal satelit yang ditangkap juga berpengaruh pada hasil pengolahan GPS.

DAFTAR PUSTAKA

- Lestariya, A. W., dan Ramdani, D. 2006. Analisis Komparatif Penentuan Tinggi dengan GPS dan Sipat Datar. *Geomatika*, 12(1), 1–10.
- Mohammad, R., Gani, G., Hadian, D., dan Koesoemadinata, R. C. 2008. Penggunaan Egm 2008 pada Pengukuran Gps Levelling di Lokasi Deli Serdang- Tebing Tinggi Provinsi Sumatera Utara. *Seminar Nasional FTG Universitas Padjadjaran*, 131–135.
- Pemerintah Indonesia. Perka BIG nomor 13 tahun 2014 tentang sistem referensi geospasial
- Rakapuri, G., Sudarsono, B., dan Yuwono, D. 2016. PEMODELAN GEOID LOKAL UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG Studi Kasus: Universitas Diponegoro Semarang. *Jurnal Geodesi Undip Oktober*, 5(4), 15–21.
- Ramdani, D. 2010. Penggunaan EGM2008, EGM1996 dan GPS-Leveling Untuk Tinggi Undulasi Geoid Di Sulawesi. *Widyariset*, 135–139.
- Sai, S. 2010. Studi Penentuan Tinggi Orthometrik Menggunakan Metode Gps Heighting (Studi Kasus: Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan Bandara Abdurahman Saleh Malang). *Spectra*, VIII(15), 51–62.
- Z. Abidin, H., Andreas, H., Maulana, D., Hendrasto, M., Gamal, M., dan K. Suganda, O. 2004. Penentuan Tinggi Orthometrik Gunung Semeru Berdasarkan Data Survei GPS dan Model Geoid EGM 1996. *ITB Journal of Sciences*, 36(2), 145–157. <https://doi.org/10.5614/itbj.sci.2004.36.2.4>