

**ANALISIS KETELITIAN NILAI *UNDULASI GEOID* UNTUK PENENTUAN
NILAI TINGGI *ORTHOMETRIK* MENGGUNAKAN METODE *GPS*
*HEIGHTING***

(Studi Kasus : Titik Kontrol Orde 3 - Jalan *Bypass* Banjarmasin)

SKRIPSI



DISUSUN OLEH :

ISMAN S MAHDI

14.25.078

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS KETELITIAN NILAI UNDULASI GEOID UNTUK
PENENTUAN NILAI TINGGI ORTHOMETRIK MENGGUNAKAN
METODE GPS HEIGHTING**

(Studi Kasus : Titik Kontrol Orde 3 – Jalan Bypass Banjarmasin)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai Gelar
Sarjana Teknik (ST) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi S-1

Institut Teknologi Nasional Malang

Oleh :

Isman S. Mahdi 1425078

Menyetujui

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping



Silvester Sari Sai, ST., MT.

NIP.P. 1030600413



Feny Arafah, ST., MT.

NIP.P. 1031500516

Mengatahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1



Silvester Sari Sai, ST., MT

NIP.P. 1030600413



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT.BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp.(0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341)553015
Kampus I : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341)417636 Fax.(0341) 417634

**BERITA ACARA UJIAN SEMINAR HASIL SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

NAMA : ISMAN S MAHDI
NIM : 1425078
JURUSAN : TEKNIK GEODESI S-1
**JUDUL : ANALISIS KETELITIAN NILAI UNDULASI GEOID UNTUK
PENENTUAN NILAI TINGGI ORTHOMETRIK MENGGUNAKAN
METODE GPS HEIGHTING (Studi Kasus : Titik Kontrol Orde 3 –
Jalan Bypass Banjarmasin)**

Telah Dipertahankan di Hadapan Panitia Penguji Ujian Skripsi Jenjang
Strata I (S-1)

Pada Hari : Jumat
Tanggal : 03 September 2021
Dengan Nilai :

**Panitia Ujian Skripsi
Ketua**

Ir. Jasmani, M.Kom
NIP.Y. 1039500284
Dosen Pendamping

Penguji I

Penguji II

Alifah Noraini, ST., MT
NIP.P. 1031500478

Silvester Sari Sai, ST., MT.
NIP. P.1030600413

Adkha Yulianandha Mabrur, ST., MT.
NIP. P. 1031700526

ABSTRAK

ANALISIS KETELITIAN NILAI *UNDULASI GEOID* UNTUK PENENTUAN NILAI TINGGI *ORTHOMETRIK* MENGGUNAKAN METODE *GPS* *HEIGHTING*

(Studi Kasus : Titik Kontrol Orde 3 - Jalan *Bypass* Banjarmasin)

Isman S. Mahdi (1425078)

Dosen Pembimbing I : Silvester Sari Sai, ST., MT.

Dosen Pembimbing II : Feny Arafah ST., MT.

Program Studi Teknik Geodesi S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,

Institut Teknologi Nasional Malang

ABSTRAKSI

Penentuan kompone titinggi orthometrik merupakan permasalahan yang sangat penting didalam survey dan pemetaan. Tinggi *orthometrik* (H) dinyatakan dalam suatu bidang yaitu *geoid*. Penentuan tinggi orthometrik dengan tinggkat ketelitian yang baik merupakan hal yang cukup sulit untuk dilakukan mengingat perlu dilakukan penentuan petensial gayaberat dari semua titik diatas permukaan bumi. Metode penentian tinggi orthometrik dengan metode GPS (*Global Positioning Sistem*) dapat dilakuakan atau disebut juga *GPS heighting* merupakan salah satu alternatif untuk penentuan tinggi orthometrik (H). Penetuan tinggi orthometrik dapat dilakukan kdengan metode gps karena metode gps dapat menghasilkan tinggi elipsoid (h) dengan ketelitian baik. Selanjutnya tinggi elipsoid dapat digunakan untuk penentuan tinggi orthometrik menggunakan nilai undulasi geoid (N). EGM merupakan medan gayaberat dengan resolusi sangat tinggi dilengkapi dengan nilai derajat 2159 dan terdiri dari koefisien tambahan hingga 2190.

Dalam penelitian ini menghasilkan tinggi orthometrik dari metode *GPS heighting* dengan ketelitian pada titik BM1 2,848 m dan pada titik CP 3,8825 m. Sedagkan pada selisi beda tinggi *orthometrik* antara *GPS* dan *waterpass* pada rentang BM -0.093 m dan CP - 0.093m.

Kata Kunci : Tinggi *Orthometrik GPS Heighting*

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Isman S. Mahdi
NIM : 14.25.078
Program Studi : Teknik Geodesi S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul :

"Analisis Ketelitian Nilai *Undulasi Geoid* untuk Penentuan Nilai Tinggi Orthometrik menggunakan Metode *GPS Heighting* (Studi Kasus : Titik Kontrol Orde 3 – Jalan Bypass Banjarmasin)"

Adalah hasil karya saya sendiri dan bukan menjiplak atau menduplikat serta tidak mengintip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, 11 februari 2021

Yang Membuat Pernyataan



Isman S. Mahdi

NIM. 14.25.078

LEMBAR PERSEMBAHAN
BISMILLAHIRROHMANIRROHIM

Assalamu'alaikum wr.wb...

Puji Syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan segala nikmat dan Rahmatnya untuk menjalankan tugas dan tanggung jawab kita sebagai khalifah dimuka bumi. Sholawat serta salam saya haturkan kepada sang pembawa nikmat cahaya Ilahi sang revolusi moral Nabi Muhammad Saw dan keluarga beserta para sahabat yang membantu beliau dalam penyebaran agama Islam sehingga dapat kita hirup dikehidupan ini dengan penuh cahaya.

Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya : ayahanda Saleh Mahdi dan Ibunda Anisa Djafar yang tercinta dan terkasih yang selalu bilang kuliah baik baik nak, Alhamdulillah saya kuliah baik baik walaupun tidak seperti ayah dan ibu harapkan. Terimakasih banyak saya sampaikan kepada ayah dan ibu yang selalu mendoakan dan selalu memberikan nasehat dan semangat. Saya sadar tak cukup hanya dengan sekedar ucapan terima kasih untuk ayah ibu, sebab apapun hal baik yang saya perbuat untuk ayah ibu tidak cukup untuk membalas dan membayar setiap pengorbanan yang dikorbankan kalian kepada saya. Syukur Loci dan dot maaf.

Terimakasih juga untuk ketiga kakak saya : Ilham saleh, Suratmi saleh dan Irman saleh yang paling saya cintai dan saya sayangi, Syukur loci atas segala upaya dan pengorbanan kalian untuk saya, dot maaf sebab saya kuliah terlalu lama dan semasa saya kuliah banyak merepotkan kalian, saya sadar tanpa kalian bertiga saya tidak mungkin bisa selesaikan kuliah saya. Syukur loci Jo.

Untuk himpunanku Himpunan mahasiswa Islam (HmI) terkhusus nya komisariat Jabal Thareeq, saya ucapkan terimakasih yang telah menggembleng saya dari tahun 2017 hingga saat ini banyak hal yang saya dapatkan dari rumah yang penuh dengan cinta dan rumah yang mengajarkan saya bagaimana itu ilmu dan bagaimana itu pengetahuan yang seharusnya dan mengajarkan saya bagaimana seharusnya bertanggung jawab. Terimakasih pula untuk kanda dan dinda-dindaku dijabal Thareeq

kanda Riski A Karim Ahmad Hi Hasan, Budi Watimena, bayu, Iksan, M. Abduh muda, Rizki Hidayat, Sahril, fiko, Sasa hardina, Eta Ernawati, Febriati, Fiqri, Uneng, Fiki, Bahrul, Imbron, Ivan, dan terimakasih kepada adindaku paling gagah se-komisariat Jabal Thareeq Isra Muid yang sudah senantiasa meminjamkan laptopnya selama skripsi saya. Mungkin tanpa adinda Isra, kakandamu ini kesulitan dalam hal laptop untuk mengerjakan skripsi terimakasih yaaah adindaku yang paling gagah. Mohon maaf saya tak bisa sebutkan satu persatu sebab, saya tidak punya database Anggota heheheh..... Terimakasih saya sampaikan kepada kalian semua yang selalu mensupport saya dalam hal untuk penyelesaian study saya heheh terimakasih.

Eeh..... Dan jangan lupa pola diskusi dikomisariat jangan terlalu diskusi filsafat barat dan timur lagi dan jangan terlalu diskusi gerakan lagi cobalah sesekali diskusi tentang akademik (Kuliah) lagi lah yah dan diskusinya jangan terlalu malam-malam nanti kalian lupa kerjakan tugas yang dikasih oleh dosen heheh... Semangat buat kalian semua, Kalian orang-orang terbaik. Yakinkan dengan Iman, usahakan dengan Ilmu, sampaikan dengan Amal, yakin usaha sampai (*YAKUSA*).

Terimakasih untuk senior ku kandaku dan Ayunda ku: kakanda helik Susilo dan istrinya kak putri terimakasih banyak atas waktu dan ilmunya yang sudah diberikan kepada saya mohon maaf selama skripsi saya banyak merepotkan kalian maaf sebesar-besarnya

~~ GEODESI 2014 ~~

Untuk teman-teman angkatan 2014 yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada saya, saya ucapkan terimakasih untuk kalian : Amon, ihwandi, tobias, Riski Hero, ihsaan, M Rusdi, Albert, Rian, Dila, eus, Carli, amao, Aje, Jefri, Yanus, dll. Mohon maaf saya tidak bisa sebutkan satu persatu untuk keseluruhan, soalnya saya sudah tidak punya daftar absen kelas. Hehehe... Terimakasih banyak yaaah kalian semua orang - orang baik.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb. Puji syukur ke hadirat Allah Swt yang telah memberikan berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, kepada sahabatnya dan kepada umatnya hingga akhir zaman, Aamiin. Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Institut Teknologi Nasional Malang. Skripsi berjudul “Analisis Ketelitian Nilai *Undulasi Geoid* Untuk Penentuan Nilai Tinggi Orthometrik Menggunakan Metode *GPS Heighting*” dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

- Bapak Silvester Sari Sai, ST., MT Selaku Pembimbing Utama.
- Ibu Feny Arafah, ST.,MT. Selaku Pembimbing Pendamping.

Yang telah berkenan memberikan arahan, saran, serta bimbingan kepada penulis demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Ucapkan terima kasih juga penulis sampaikan kepada :

1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan do'a dan dorongan hingga semangatnya hingga akhir penulisan skripsi ini.
2. Bapak Silvester Sari Sai, ST.,MT. selaku Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Adkha Yulianandha Mabur,ST.,MT. selaku Sekretaris jurusan Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ibu Feny Arafah,ST.,MT. yang telah membimbing II yang telah memberikan banyak saran masukkan dalam penulisan skripsi ini.
5. Kepada semua Dosen dan staff Program Studi Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang, yang telah memberi ilmu pengetahuan kepada penulis yang tidak bisa diucapkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa didalam penulisan Skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan sara yang bersifat membangun demi kesempurnaan guna peningkatan kualitas dimasa mendatang.

Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini bermanfaat, khususnya bagi penulis dan pembaca pada umumnya, serta penulis mengucapkan banyak terima kasih.
Walaikum Salam Wr,Wb.

Malang, 19 September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
BERITA ACARA	ii
ABSTRAK	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan Dan Manfaat Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Sistem Tinggi	5
2.1.1 Tinggi Ellipsoid	5
2.1.2 Tinggi <i>Orthometrik</i> (H)	6
2.2 Pengertian GPS	7
2.3 Kesalahan Dan Bias	10
2.4 Karakteristik Baseline GPS	10
2.5 Pengukuran Beda Tinggi	11
2.6 Pengertian Geoid	13
2.7 Undulasi Geoid	15
2.8 Penentuan Tinggi <i>Orthometrik</i> Dengan GPS Heighting	16
2.9 Model Geopotensial Global	17
2.10 Pengertian EGM 2008	18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Lokasi Penelitian	20
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian	21
3.3 Diagram Alir Penelitian	22
3.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	25
3.4.1 Proses pengolah data <i>GNSS</i>	25
3.4.2 Proses Baseline	29
3.4.3 Proses Perhitungan Nilai Undulasi Geoid (N) dengan <i>Alltras EGM 2008</i> dan Situs SRGI	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Pengolahan Data	39
4.1.1 Koordinat dan Titik Tinggi terhadap Bidang <i>Elipsoid</i>	39
4.1.2 Hasil Perhitungan Nilai <i>Undulasi Geoid (N)</i>	40
4.1.3 Hasil Perhitungan Tinggi Orthometrik (H) <i>GPS Heighting</i>	43
4.2 Pembahasan.....	47
4.2.1 Data Tinggi <i>Orthometrik (H)</i> dari Pengukuran <i>Waterpass</i>	47
4.2.2 Tinggi Orthometrik (H) <i>Waterpass</i>	49
4.2.3 Analisis Tinggi <i>Orthometrik (H) GPS Heighting</i> dari <i>EGM 2008</i>	51
4.2.4 Analisis Nilai Tinggi <i>Orthometrik (H) GPS Heighting</i> dari SRGI.....	52
4.2.5 Analisis Perbandingan Beda Tinggi <i>Orthometrik (H)</i>	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Koordinat geodetik dan titik tinggi bidang ellipsoid	39
Tabel 4. 2 Nilai undulasi geoid dari EGM 2008.....	40
Tabel 4. 3 Nilai undulasi dari SRGI	42
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Nilai Tinggi Orthometrik dari EGM 2008	44
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Tinggi Orthometrik dari SRGI.....	46
Tabel 4. 6 Titik Tinggi Orthometrik Waterpass	48
Tabel 4. 7 Selisih Nilai Tinggi Orthometrik dari Waterpass	49
Tabel 4. 8 Beda Tinggi Orthometrik (ΔH) GPS dari EGM 2008	51
Tabel 4. 9 Selisih Nilai Titik Tinggi Orthometrik dari Situs SRGI.....	53
Tabel 4. 10 Hasil Analisis Perbandinga Beda Tinggi GPS dan Waterpass	54
Tabel 4. 11 Analisa Perbandingan Beda Tinggi GPS Dan Waterpass.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tinggi Terhadap Bidang Referensi	5
Gambar 2. 2 Ilustrasi Tinggi Elipsoid.....	6
Gambar 2. 3 Ilustrasi Tinggi Orthometrik.	7
Gambar 2. 4 Segmen Angkasa GPS.	8
Gambar 2. 5 Segmen kontrol/pengendali	8
Gambar 2. 6 Segmen kontrol/pengendali.	9
Gambar 2. 7 Hubungan antara tiga segmen.....	9
Gambar 2. 8 Kombinasi Dari Baseline Trivial Dan Non-Trivial	11
Gambar 2. 9 Pengukuran Waterrpas	13
Gambar 2. 10 Geoid.....	14
Gambar 2. 11 Komponen Tinggi Orthomerik Dan Elipsoid.	16
Gambar 2. 12 Hubungan Tinggi Orthometrik Dan Tinggi Elipsoid.....	17
Gambar 2. 13 Global geoid from EGM-2008.....	19
Gambar 3. 1 Lokasi penelitian.....	20
Gambar 3. 2 Stasiun Cors Banjarmasin	20
Gambar 3. 3 Keterangan Stasiun Cors Banjarmasin.....	21
Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3. 5 Tampilan awal aplikasi CHC Geomatic Office	25
Gambar 3. 6 Tampilan new project	26
Gambar 3. 7 Tampilan setingan new project	26
Gambar 3. 8 Impor data mentah	27
Gambar 3. 9 Tampilan data mentah.....	27
Gambar 3. 10 Tampilan data mentah.....	27
Gambar 3. 11 Konfigurasi satelit.....	28
Gambar 3. 13 Format Data Rinex.....	29
Gambar 3. 12 Konversi Data	28
Gambar 3. 14 Pembuatan Projek	29
Gambar 3. 15 Proses Koordinat Sistem	30
Gambar 3. 16 Koordinat Sistem UTM	30

Gambar 3. 17 Datum WGS 1984.....	30
Gambar 3. 18 Predefined Geoid Model	31
Gambar 3. 19 Proses Inport	31
Gambar 3. 20 Tampilan Baseline	32
Gambar 3. 21 Add Coordinate	32
Gambar 3. 22 Tampilan Sinyal Satelit.....	33
Gambar 3. 23 Process Baseline.....	33
Gambar 3. 24 Tampilan Baseline Report.....	34
Gambar 3. 25 Tampilan perataan jaring	34
Gambar 3. 26 Tampilan Awal Alltrans EGM 2008 Calculator	35
Gambar 3. 27 Proses Input Koordinat Latitude Dan Longitude	36
Gambar 3. 28 Proses Add External Data EGM 2008	36
Gambar 3. 29 Proses Perhitungan Nilai Undulasi geoid Dengan EGM 2008	37
Gambar 3. 30 Tampilan Awal Situs SRGI	37
Gambar 3. 31 Proses Perhitungan Nilai Undulasi geoid dan Orthometrik dengan Situs SRGI	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, Jaring Kontrol Vertikal nasional (JKVN) adalah sebaran titik kontrol geodesi vertikal yang yang terhubung satu sama lain dalam satu kerangka referensi. JKVN juga dijadikan sebagai acuan kerangka posisi untuk Informasi Geospasial (IG). Berdasarkan Pasal 9 Nomor 3 Undang-Undang Nomor 4 tahun 2011, Tinggi JKVN ditentukan dengan metode pengukuran geodetik tertentu dinyatakan dalam datum vertikal tertentu, sistem tinggi tertentu, dan diwujudkan dalam bentuk tanda fisik.

Salah satu permasalahan penting dalam bidang survei dan pemetaan adalah penentuan nilai Tinggi *Orthometrik* (H). Penentuan tinggi orthometrik pada bidang geodesi selalu mengacu pada datum tinggi sebagai bidang *level* atau permukaan tinggi, yaitu *Mean Sea Level* (MSL) yang ealisasinya dapat juga menggunakan *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 (Sai, 2010).

Penentuan tinggi *orthometrik* dengan kualitas akurasi dan presisi yang baik dapat dilakukan metode *leveling* menggunakan peralatan waterpass teliti. Pengukuran tersebut disertai dengan penentuan nilai potensial gaya berat menggunakan survei gravimetric sebagai nilai komponen tinggi menggunakan data potensial gaya berat dan nilai rata-rata gaya berat sepanjang garis gaya berat (*plumb line*). Ketelitian komponen tinggi dengan metode tersebut berada pada level 0,7 mm/km atau 1 cm/100 km (Al, 2008).

Penentuan tinggi *orthometrik* dengan metode waterpass teliti dengan koreksi nilai potensial gaya berat memiliki biaya operasional di lapangan yang sangat tinggi sehingga Untuk mengatasi permasalahan tersebut sebuah metode lain yang dapat dipakai sebagai *alternatif* penentu posisi tinggi *orthometrik*. Metode alternatif tersebut adalah metode penentu tinggi *orthometrik* (H) atau beda tinggi (ΔH) menggunakan data pengamatan *GPS* (*Global Positioning System*). Namun salah satu permasalahan penting dalam pengukuran menggunakan *GPS* penentu komponen nilai tinggi. Nilai tinggi yang di hasilkan dari pengukuran menggunakan *GPS* yaitu tinggi yang bereferensi pada bidang matematis ellipsoid (h) dan nilai *undulasi geoid* (N) untuk menentukan nilai tinggi *orthometrik* (H). Didalam menentukan nilai tinggi *orthometrik* dibutuhkan nilai *undulasi geoid* (N) dengan *EGM* (*Earth Gravity Model*) 2008 dan situs SRGI sebagai penentuan nilai *undulasi geoid*. *EGM* 2008 adalah model *spheris harmonic* dari gravitasi bumi, yang dapat digunakan untuk menentukan *undulasi geoid* pada suatu posisi. *EGM* 2008 merupakan salah satu solusi untuk mendapatkan data tinggi *orthometrik* dengan metode *GPS heighting* (Sai, 2010). Sistem referensi geospasial merupakan suatu sistem koordinat nasional yang konsisten dan kompatibel dengan sistem koordinat global. Sistem tersebut secara spesifik menentukan lintang, bujur, tinggi, skala, gayaberat dan orientasinya mencakup seluruh wilayah Indonesia.

Dalam kaitan dengan kegiatan survei Perencanaan Teknik Preservasi Jalan SP. Handil Bakti (SP. SARAPAT) - KM 17 (BYPASS BANJARMASIN) dilakukan kegiatan penentuan kerangka kontrol horizontal Orde-3. Selain komponen posisi horisontal juga dilakukan penentuan komponen vertikal berupa tinggi sebagai titik kerangka kontrol vertikal. Penelitian ini akan menggunakan data hasil survei *GNSS* untuk penentuan titik kontrol vertikal sebagai alternatif penentuan tinggi *orthometrik*. Untuk validasi ketelitian yang diperoleh dari pengukuran tersebut dilakukan perbandingan dengan nilai beda tinggi hasil pengukuran menggunakan *waterpass*

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan dari latar belakang di atas dapat dirumuskan suatu permasalahan yang sebagai berikut :

1. Bagaimana mengetahui nilai tinggi *orthometrik* di setiap titik kontrol vertikal menggunakan metode *GPS Heighting*?
2. Bagaimana pengaruh ketelitian nilai *undulasi geoid* terhadap nilai tinggi *orthometrik*?
3. Bagaimana melakukan analisa ketelitian nilai *undulasi geoid* untuk penentuan nilai tinggi titik kontrol vertikal?

1.3 Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan perhitungan nilai tinggi *orthometrik* menggunakan metode *GPS heighting* dengan beberapa nilai *undulasi geoid*.
2. Melakukan analisa ketelitian dari nilai tinggi *orthometrik* yang diperoleh dari metode *GPS heighting*.

Manfaat dari penelitian :

- 1 Memberikan informasi ketelitian analisis *undulasi geoid EGM 2008* untuk penentuan nilai tinggi dan dapat diketahui nilai tinggi *ellipsoid* dari pengukuran dengan metode *GPS heighting* di Banjarmasin .
- 2 Sebagai bahan pembelajaran untuk menambah pengetahuan dan pemahaman tentang bagaimana analisa ketelitian *undulasi geoid EGM 2008* untuk penentuan nilai tinggi *orthometrik*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data pengukuran *GPS* geodetik.
2. Analisis ketelitian nilai *undulasi geoid* ini menggunakan *EGM 2008* dengan situs SRGI.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dan penyusunan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan dan menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, serta Batasan masalah dari penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisikan dan menjelaskan mengenai landasan teori yang menjadi acuan, parameter, sumber data, dan literatur untuk penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan dan menjelaskan mengenai lokasi penelitian, data yang diperlukan, metode pengumpulan data, dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan dan menjelaskan pembahasan dari hasil pemrosesan data.

BAB V PENUTUP

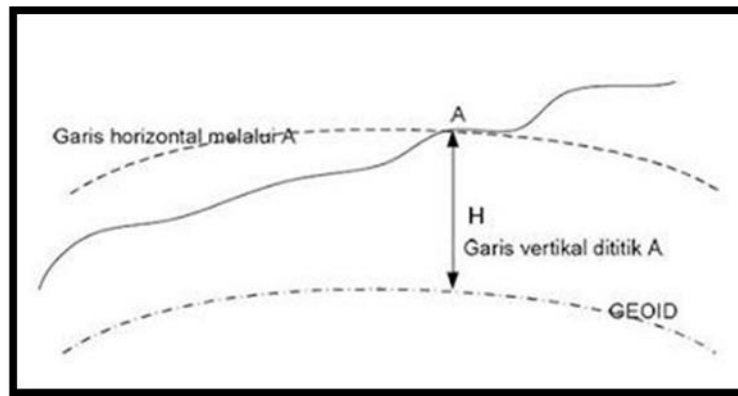
Pada bab ini berisikan saran dan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Sistem Tinggi

Tinggi adalah jarak vertikal atau jarak tegak lurus dari suatu bidang referensi tertentu terhadap suatu titik sepanjang garis vertikalnya. Untuk suatu wilayah biasa Muka Laut Rata-rata (MLR) ditentukan sebagai bidang referensi dan perluasannya ke daratan akan disebut dengan datum atau geoid (Anjasmara, 2005). Pada Gambar 2.1 dijelaskan tinggi terhadap bidang referensi. Informasi tinggi yang ada di permukaan bumi ada umumnya terdapat dua jenis utama tinggi, yaitu:

1. Tinggi *Ellipsoid*
2. Tinggi *Orthometrik*

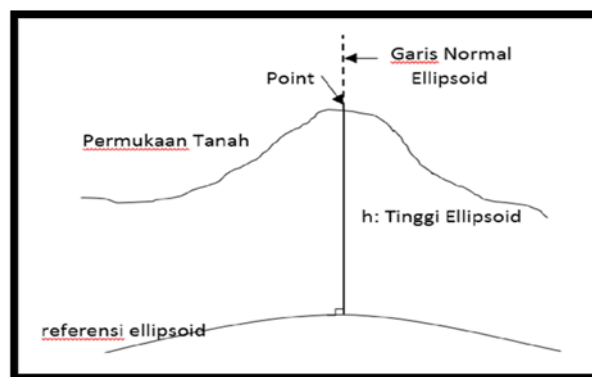


Gambar 2. 1 Tinggi Terhadap Bidang Referensi (Anjasmara, 2005)

2.1.1 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

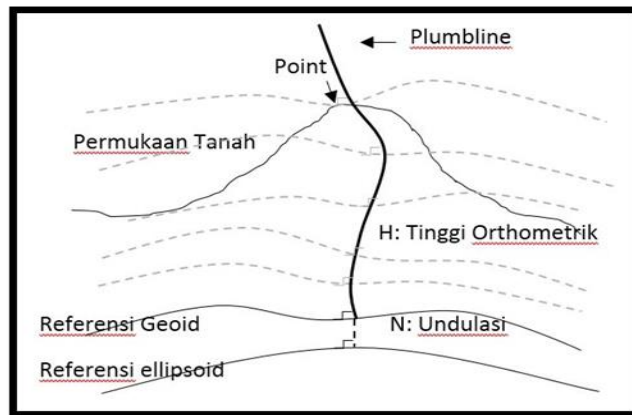
biasanya diperoleh dari pengukuran sipat datar (*levelling*). Tinggi *orthometrik* suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas *geoid* diukur sepanjang garis gayaberas yang melalui titik tersebut, sedangkan tinggi *ellipsoid* suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas *ellipsoid* dihitung 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 (p). (Featherstone, 2006).



Gambar 2. 2 Ilustrasi Tinggi Ellipsoid (Featherstone, 2006).

2.1.2 Tinggi Orthometrik (H)

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 ekupotensial 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. Pada Gambar 2.;3 dijelaskan gambaran dari Tinggi Orthometrik. (Abidin, 2004)



Gambar 2. 3 Ilustrasi Tinggi Orthometrik (Featherstone, 2006).

2.2 Pengertian GPS

GPS (Global Positioning System) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinu diseluruh dunia tanpa tergantung waktu dan cuaca, kepada banyak orang secara simultan. Pada saat ini sistem *GPS* sudah sangat banyak digunakan orang di seluruh dunia. Di Indonesia, *GPS* sudah banyak diaplikasikan, terutama yang terkait dengan aplikasi-aplikasi yang menuntut informasi tentang posisi (Abidin, 2007).

GPS terdiri dari 3 segmen yaitu : segmen angkasa , kontrol /pengendali dan pengguna :

- a. Segmen angkasa : terdiri dari 24 satelit yang beroperasi dalam 6 orbit pada ketinggian 20.20 km dan inklinasi 55 derajat dengan periode 12 jam (satelit akan kembali ke titik yang Sama dalam 12 jam). Satelit memutar orbitnya sehingga minimal ada 6 satelit yang dapat di panatau di bumi ini. satelit tersebut mengirimkan posisi dan waktu kepada penggunaseluruh dunia



Gambar 2. 4 Segmen Angkasa GPS (Abidin, 2007).

- b. Segmen Kontrol/Pengendali: terdapat pusat pengendali utama yang terdapat di Colorado Springs, dan 5 stasiun pemantau lainnya dan 3 antena yang tersebar di bumi ini. Stasiun kontrol/pengendali semua satelit GPS dan mengumpulkan informasinya. Stasiun kontrol kemudian mengirimkan informasi tersebut kepada pusat pengendali utama yang kemudian melakukan perhitungan dan pengecekan orbit satelit. Informasi tersebut kemudian dikoreksi dan dilakukan permuktahira di dan dikirim ke satelit *GPS*.



Gambar 2. 5 Segmen kontrol/pengendali (Abidin, 2007)

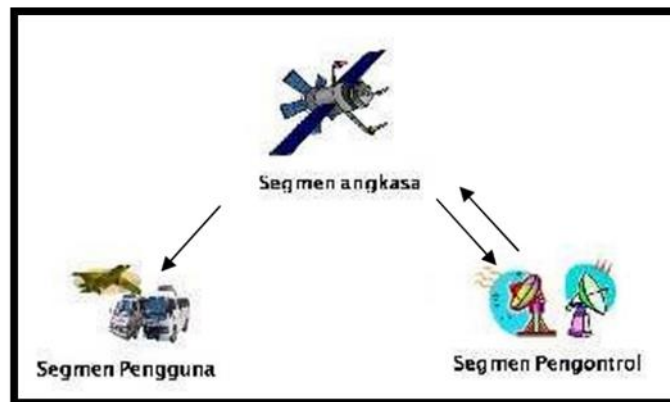
- c. Segmen Pengguna: Pada sisi pengguna dibutuhkan penerima *GPS* (selanjutnya kita sebut *receiver GPS*) yang biasanya terdiri dari *receiver*, prosesor, dan antena, sehingga memungkinkan kita dimanapun kita berada

dimuka bumi ini (tanah, laut, dan udara) dapat menerima sinyal dari satelit *GPS* dan kemudian menghitung posisi, kecepatan dan waktu.



Gambar 2. 6 Segmen kontrol/pengendali (Abidin, 2007).

Hubungan antara segmen tersebut seperti terlihat pada ilustrasi gambar berikut:



Gambar 2. 7 Hubungan antara tiga segmen (Abidin, 2000).

Satelit *GPS* memancarkan sinyal-sinyal, pada prinsipnya untuk memberi tahu pengamat sinyal tentang posisi satelit tersebut serta jarak dari pengamat beserta informasi waktunya. Sinyal *GPS* juga digunakan untuk menginformasikan kelayakgunaan atau kesehatan, 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 Coordinated*) dan status kontelasi satelit. (Abidin, 2007).

Dengan mengamati satelit dalam jumlah dan waktu yang cukup sehingga pengamat dapat menentukan posisi dan kecepatannya. Sinyal *GPS* berisi informasi yang kompleks. Ini disebabkan sinyal *GPS* didesain untuk memenuhi beberapa keperluan, baik untuk keperluan sipil maupun militer (Abidin, 2007). Sinyal *GPS* dapat dibagi atas 3 komponen yaitu :

- a. Penginformasi jarak (kode).
- b. Penginformasi posisi satelit.
- c. Gelombang pembawa (*carrier wave*) L1 dan L2.

2.3 Kesalahan Dan Bias

Faktor mempengaruhi kualitas dari data adalah level dari kesalahan dan bias yang mempengaruhi data pengamatan fase. Ada beberapa jenis kesalahan dan bias yang mempengaruhi data pengamatan *GPS* yang berkaitan dengan satelit (seperti kesalahan jam ephemeris, jam satelit dan selective availability), medium propagasi (seperti bias ionosfir dan bias troposfir), *receiver GPS* (seperti kesalahan jam *receiver*, kesalahan antenna dan *noise*), data pengamatan (ambiguitas fase dan cycle slip), dan lingkungan sekitar *receiver GPS* (seperti *multipath*). (Abidin, 2007).

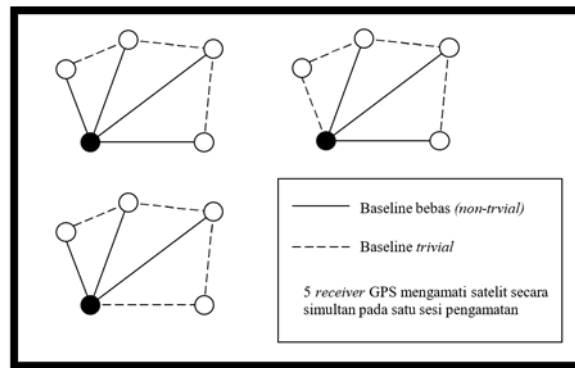
Kesalahan dan bias *GPS* harus diperhitungkan dengan secara benar dan baik, karena hal tersebut akan mempengaruhi ketelitian informasi (posisi, kecepatan, percepatan, waktu) yang diperoleh serta penentuan ambiguitas fase dari sinyal *GPS*. Strategi pengamatan yang diaplikasikan juga akan mempengaruhi efek dari kesalahan dan bias pada data pengamatan. Disamping itu struktur dan tingkat kecanggihan dari perangkat lunak pemrosesan data *GPS* akan dipengaruhi oleh mekanisme yang digunakan dalam menangani kesalahan dan bias.sumber (Abidin, 2007).

2.4 Karakteristik Baseline GPS

Berkaitan dengan *baseline*, maka dalam survei dengan *GPS*, pengertian menyangkut *baseline trivial* dan *non-trivial* (bebas) cukup penting untuk dimengerti. *Baseline trivial* adalah *baseline* yang dapat diturunkan (kombinasi linier) dari *baseline-baseline* lainnya dari satu sesi pengamatan. *Baseline* yang bukan *trivial* dinamakan *baseline non-trivial* (*baseline* bebas) (Sabri, dkk, 2013). Pada survei dengan *GPS*, ada

beberapa hal yang menyangkut karakteristik *baseline* yang sebaiknya diperhatikan yaitu antara lain (Sabri, dkk, 2013):

- a) Amati *baseline* antara titik-titik yang berdampingan. Ini dapat menjaga panjang *baseline* yang relative pendek, yang nantinya akan membantu untuk mendapatkan *baseline* yang relatif teliti. Secara umum, *baselinebaseline* sebaiknya tidak terlalu panjang (< 20 km); karena semakin panjang *baseline* pengaruh kesalahan orbit dan refraksi ionosfir akan semakin besar,
- b) Untuk kontrol kualitas dan menjaga kekuatan jaringan, sebaiknya *baseline* yang diamati saling menutup dalam satu *loop* (jaringan) dan tidak terlepas bagitu saja (*radial*), seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. 8 Kombinasi Dari Baseline Trivial Dan Non-Trivial (Abidin, 2007)

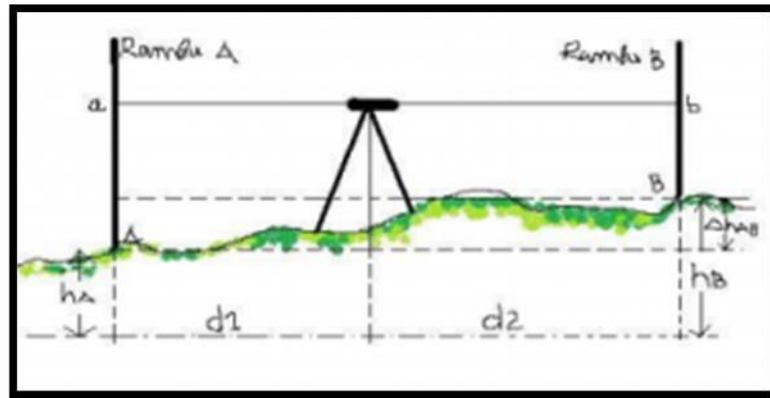
- c) *Baseline-baseline* dalam suatu jaringan *GPS* sebaiknya mempunyai panjang yang relatif tidak terlalu jauh berbeda dengan yang lainnya.
- d) Semakin banyak jumlah baseline bebas (*non-trivial*) yang diamati dalam suatu jaringan akan semakin baik. Meskipun begitu jumlah baseline yang digunakan harus disesuaikan dengan ketelitian posisi yang diinginkan.

2.5 Pengukuran Beda Tinggi

Pengukuran beda tinggi sipat datar masih merupakan cara pengukuran beda tinggi yang paling teliti. Sehingga ketelitian kerangka dasar vertikal (K) dinyatakan sebagai batas harga terbesar perbedaan tinggi hasil pengukuran sipat datar pergi dan pulang. Untuk mendapatkan tinggi orthometrik dari tinggi ellipsoid diperlukan data tambahan lain yaitu *undulasi geoid* (N) (Mulyani, 2015).

Dengan adanya undulasi maka tinggi *orthometrik* dapat dihitung dari tinggi *ellipsoid* dengan persamaan $H=h-N$. Ada beberapa metoda untuk mendapatkan harga *undulasi geoid* diantaranya metoda *geometrik* dan metoda *gravimetric*. Pada metoda *geometrik* undulasi *geoid* dihitung dari kombinasi data ketinggian posisi satelit dengan ketinggian dan pengukuran sipat datar (*levelling*). Sedangkan pada metoda *gravimetric*, *undulasi geoid* dihitung dari data gaya berat *terestris* dan model geopotensial *global* (koefisien potensial gayaberat global). (Abidin, 2004).

Pengukuran Tinggi dengan metode sipat datar atau *waterpass* adalah metode yang paling teliti dibanding dengan metode yang lain. Tinggi suatu obyek di permukaan bumi adalah tinggi yang diukur dari suatu bidang referensi, yang ketinggiannya dianggap nol. Di Geodesi bidang referensi tersebut disebut dengan *Geoid*, yaitu bidang equipotensial yang berhimpit dengan permukaan air laut rata-rata (*mean sea level*), atau disebut juga dengan bidang nivo. Bidang-bidang ini selalu tegak lurus dengan arah gaya berat terhadap setiap titik-titik di permukaan bumi. Pada setiap pekerjaan pengukuran tinggi, alat yang didirikan diatas suatu titik di permukaan bumi harus selalu searah dengan gaya berat. Beda tinggi antara dua titik di permukaan bumi dihitung berdasarkan selisih antara pembacaan benang tengah antara dua rambu belakang dikurangi rambu muka dengan menggunakan peralatan *Waterpass* yang dilengkapi dengan *tripot*, rambu ukur dan meteran. Adapun prinsip dasar pengukuran tinggi dengan *Waterpass* untuk mengukur beda tinggi antara dua buah titik di permukaan bumi misalnya titik A dan titik B diperlihatkan pada Gambar. dengan cara pengukuran sebagai berikut (Mulyani, 2015):



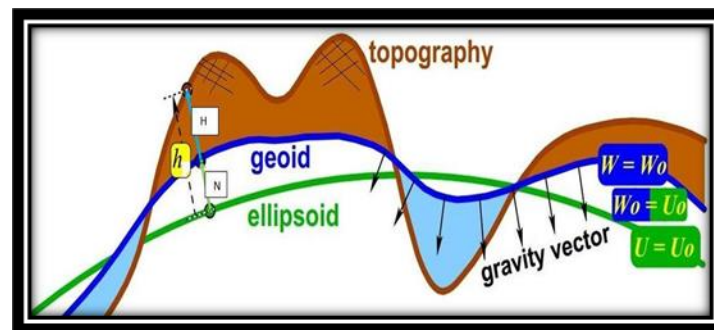
Gambar 2. 9 Pengukuran Waterrpas (Mulyani, 2015)

2.6 Pengertian Geoid

Konsep *geoid* pertama kali digagas oleh C.F.Gauss. Salah satu *product* dari keilmuan Geodesi. *Geoid* adalah penentuan bentuk serta ukuran bumi yang termasuk di dalamnya adalah menentukan medan gaya berat bumi dalam dimensi ruang dan waktu. *Geoid* merupakan salah satu permodelan bentuk permukaan bumi dengan suatu bidang yang mempunyai nilai potensial yang sama. *Geoid* disebut sebagai model bumi yang mendekati keadaan sesungguhnya. Lebih jauh *geoid* didefinisikan sebagai bidang equipotensial gayaberat atau bidang nivo yang berhimpit dengan permukaan laut rata-rata (tidak terganggu) (Kahar, 2007). Di dalam geodesi *geoid* bereferensi terhadap *ellipsoid* karena *ellipsoid* merupakan model matematis pendekatan bumi. Jarak antara permukaan *ellipsoid* dengan permukaan *geoid* dinamakan *undulasi geoid*.

Geoid menurut *National Geographic Survey* (NGS) adalah *geoid* merupakan salah satu bentuk pendekatan bumi dengan suatu bidang yang mempunyai nilai potensial yang sama, secara umum *geoid* dapat dikatakan sebagai permukaan laut rata – rata dan *geoid* didefinisikan sebagai bidang equipotensial gayaberat atau bidang nivo yang berhimpit dengan permukaan laut rata – rata (tidak terganggu) (Kahar, 2008). Oleh karena itu *Geoid* dapat dikatakan model bumi yang mendekati sesungguhnya dan digunakan sebagai acuan (datum) vertikal yang merepresentasikan nilai ketinggian dimuka bumi.

Didalam geodesi besaran tinggi adalah salah satu unsur posisi yang sangat penting. *Geoid* merupakan referensi tinggi yang dipakai pada penentuan tinggi *orthometrik*. Tinggi *orthometrik* adalah tinggi yang mengacu pada permukaan *geoid*. Tinggi *orthometrik* ini lah yang biasa dipakai untuk keperluan praktis seperti rekayasa, survei, dan pemetaan. Pada saat ini dan yang akan datang kebutuhan akan model *geoid* akan mendesak karena pesatnya pemakaian *GPS* untuk keperluan rekayasa dan survei pemetaan (Kahar, 2007).



Gambar 2. 10 Geoid (Barthelmes, 2009)

Tinggi *geoid* dapat didefinisikan sebagai jarak vertikal dari ellipsoid referensi dengan permukaan *geoid* yang diukur sepanjang normal ellipsoid (Priyatna, 2010). *Geoid* menurut *Gauss-Listing* adalah suatu permukaan equipotensial dari bidang gravitasi bumi yang menyatu dengan rata-rata permukaan laut. Gambar 1. *Geoid*. Ketinggian titik yang diberikan oleh metoda GNSS 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 (Abidin, 2001).

2.7 Undulasi Geoid

Tinggi *geoid* atau *undulasi geoid* dapat didefinisikan sebagai jarak dari *ellipsoid* referensi dengan permukaan *geoid* yang diukur sepanjang normal *ellipsoid*. Sedangkan *geoid* menurut *Gauss-Listing* adalah suatu permukaan ekuipotensial dari bidang gravitasi bumi yang menyatu dengan rata-rata permukaan laut. Ada beberapa metode untuk menghitung *geoid* diantaranya levelling astronomi, perhitungan *geoid* gravimetrik menggunakan pendekatan Stokes atau Molodensky, serta penggunaan kolokasi kuadrat terkecil (Abidin, 2004).

Perhitungan *geoid* didasarkan pada Persamaan *Stokes* yang dipublikasikan tahun 1849. Dengan Persamaan ini dimungkinkan perhitungan undulasi *geoid* dengan rumus perhitungan 2.1 dibawah ini (abidin, 2004):

$$N(P) = \frac{\delta GM}{R\gamma} - \frac{\Delta W}{\gamma} + \frac{R}{4\pi\gamma} \int_{\lambda=0}^{2\pi} \int_{\varphi=-\pi/2}^{\pi/2} St(\psi_{PQ}) \Delta g \cos \varphi_Q d\varphi_Q d\lambda_Q \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana, N(P) : *Undulasi geoid* di titik

AW : Perbedaan antara potensial di permukaan *geoid* (W₀) dan potensial pada referensi *elipsoid* yang digunakan (U₀)

δGM : perbedaan GM (konstanta gaya berat kali masa) yang tidak diketahui bumi nyata dan model *elipsoid* nya.

P : titik perhitungan

Q : titik-titik data anomali gayaberat

R : rata-rata jari- jari bumi

Δg(Q) : Anomali gaya berat di titik Q

St(ψPQ) : Fungsi Stokes dengan ψ adalah jarak sferis dari titik P dan Q

γ : rata-rata normal gaya berat pada *elipsoid* dan

φ λ : Koordinat lintang dan bujur

Dari persamaan tersebut, untuk keperluan perhitungan undulasi *geoid* diperlukan data anomali gaya berat diseluruh permukaan bumi dengan kerapatan yang kontinu (baca: sangat rapat). Kenyataannya, di lapangan data yang dibutuhkan ini tidak didapatkan atau tidak tersedia. Andaikan data-data tersebut tersediapun diperlukan komputer yang canggih (*supercomputer*) dan waktu yang lama untuk

memproses data yang jutaan atau bahkan milyaran jumlahnya Untuk itu disusun strategi untuk mengatasinya, yaitu dengan menggabungkan *model geoid global*, Sehingga perhitungan *geoid* menjadi (Abidin, 2004):

$$N = NL + Ns \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana, N : Undulasi geoid

NL : Sinyal geoid gelombang panjang

Ns : Sinyal geoid gelombang pendek

Dari ketiga tinggi (tinggi *orthometrik*, tinggi *ellipsoid* dan tinggi/undulasi Geoid) tersebut terdapat hubungan dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$H = h - N \dots\dots\dots(2.3)$$

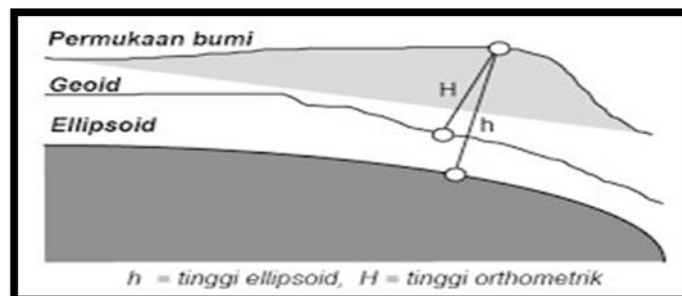
dimana, H : Tinggi *orthometrik*

h : Tinggi *ellipsoid*

N : Tinggi *geoid*

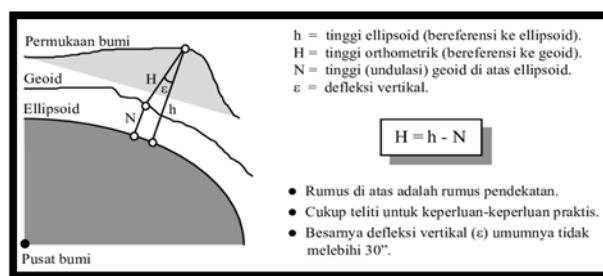
2.8 Penentuan Tinggi Orthometrik Dengan GPS Heighting

Ketinggian titik yang diberikan oleh *GPS* adalah ketinggian titik di atas permukaan *ellipsoid*, yaitu ellipsoid WGS (*World Geodetic System*) 1984 (Abidin, 2004). 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* yang diukur sepanjang garis gaya berat yang melalui titik tersebut; sedangkan tinggi *ellipsoid* suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas ellipsoid yang dihitung sepanjang garis normal *ellipsoid* yang melalui titik tersebut (Abidin, 2004).



Gambar 2. 11 Komponen Tinggi Orthomerik Dan Elipsoid

Geoid adalah salah satu bidang ekuipotensial medan gaya berat bumi. *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 yang matematis pula, pada umumnya menggunakan suatu *ellipsoid* referensi dan bukan *geoid*. *Ellipsoid* referensi dan *geoid* umumnya tidak berhimpit, dimana dalam hal ini ketinggian geoid terhadap ellipsoid dinamakan undulasi geoid. Untuk dapat mentransformasi tinggi *elipsoid* hasil ke tinggi *orthometrik*, maka diperlukan undulasi *geoid* di titik yang bersangkutan. *Geometri* dari untuk transformasi di tujukan pada gambar di bawah ini (Abidin,2004).



Gambar 2. 12 Hubungan Tinggi *Orthometrik* Dan Tinggi Ellipsoid

Ketelitian dari tinggi *orthometrik* yang dapat di peroleh akan tergantung pada ketelitian dari tinggi *GPS* serta *undulasi geoid*. Perlu dicatat disini bahwa penentuan *undulasi geoid* secara teliti (Abidin, 2004).

2.9 Model Geopotensial Global

Representasi potensial medan gayaberat bumi dengan data koefisien model potensial global mengalami perkembangan yang sangat pesat. Perkembangan didorong oleh kemajuan dibidang persatelitan dan teknik komputer. Sejak peluncuran satelit pertama milik Amerika pada tahun 1958, perhitungan medan gayaberat bumi dengan bantuan pengamatan satelit maju dengan pesat, terutama satelit - satelit berlintasan rendah merupakan sumber yang sangat penting dalam studi-studi ilmu kebumihan dan *oseanografi* (Khafid, 1992).

Berbagai aspek dalam geodesi fisis (antara lain: pembuatan *global mode koefisien* potensial, penentuan orientasi bumi, pengukuran posisi) merasakan perkembangan

yang cepat dari satelit geodesi. Dan kebanyakan permasalahan dalam geodesi fisik sedikit banyak bersifat dinamis yang berarti menuntut formulasi sebagai fungsi dari waktu (Khafid, 1992).

Untuk memperoleh *model koefisien potensial global* yang lebih detail ataupun yang lebih baik, data-data dari analisis lintasan satelit dikombinasikan dengan semua data yang berhubungan erat dengan potensial gayaberat bumi, (Rapp, 1992). Satu dari data tersebut adalah anomali gayaberat yang diperoleh dari survei lapangan. Data ini secara geografis mempunyai sebaran yang bervariasi, di beberapa tempat di permukaan bumi data ini telah diukur dengan resolusi tinggi sedangkan di tempat lain bahkan belum terukur sama sekali.

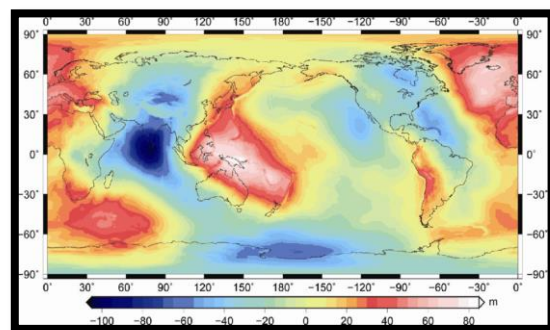
Meskipun permukaan laut bukanlah permukaan *equipotensial*, namun variasi terhadap *geoid* boleh dibilang kecil (+ 1 meter) sebagai akibat eksistensi topografi permukaan laut. Karena pengukuran satelit *altimetri* sepanjang *track* sangat rapat, data-data yang diperoleh darinya sangat mendukung sekali untuk pembuatan *global model koefisien geopotensial* sampai derajat 360, (Rapp, 1992).

Sebetulnya pengukuran yang dilakukan oleh satelit altimetri dapat dianalogikan pengukuran jarak dari stasiun bumi ke satelit. Dengan demikian 13 pengukuran satelit altimetri sangat dipengaruhi oleh efek gayaberat bumi. Oleh karenanya, jelas kiranya bahwa data satelit altimetri mengandung informasi yang signifikan tentang medan gayaberat bumi, terutama di lautan, (Rapp, 1992).

2.10 Pengertian EGM 2008

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. (Pavlis, 2012).

EGM 2008 dilengkapi dengan derajat hingga 2159 dan terdiri dari koefisien tambahan hingga 2190. Semua area merupakan data gayaberat yang berkualitas yang didapatkan dari *undulasi geoid EGM 2008* dan pengukuran *GPS/Levelling* secara independen dibawah orde 5-10 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*. *EGM2008* menunjukkan perkembangan dari *EGM 96* yaitu resolusinya 6 kali lebih baik dan akurasi 3-6 kali lebih baik bergantung pada kuantitas gayaberat dan kondisi geografi suatu wilayah (Pavlis, 2012).



Gambar 2. 13 Global geoid from EGM-2008

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di wilayah Banjarmasin. Banjarmasin secara geografis terletak diantara $3^{\circ}16'46$ sampai dengan $3^{\circ}22'54$ LS dan $114^{\circ}31'40$ sampai dengan $114^{\circ}39'55$ BT. Banjarmasin berada pada ketinggian rata-rata 0, 16 m dibawah permukaan laut dengan kondisi daerah berpaya-paya dan relatif datar sehingga hampir seluruh wilayah tergenang air pasang. Banjarmasin berbatasan dengan Kabupaen Barito Kuala disebelah utara dan sebelah barat serta Kabupaten Banjar disebelah timur dan selatan.



Gambar 3. 1 Lokasi penelitian. (Gogle Earth, 2021).

Stasiun cors Banjarmasin yang diunduh dari situs Sistem Referensi Geospasial (SRGI) seperti terlihat di gambar di bawah ini.



Gambar 3. 2 Stasiun Cors Banjarmasin (SRGI, 2021)

BADAN INFORMASI GEOSPASIAL (BIG)		CBJM	
Jl. Jakarta – Bogor Km. 46 Cibinong 16911 PO Box 46 CBI (021) 8758061 http://srgi.big.go.id email: srgi@big.go.id			
DESKRIPSI CORS			
Nama Stasiun	: Banjarmasin	Kabupaten	: Banjarmasin
Desa/Kelurahan	: Karang Mekar	Provinsi	: Kalimantan Selatan
Kecamatan	: Banjarmasin Timur		
URAIAN LOKASI			
Uraian Lokasi Pilar	: Pilar terletak di atap bangunan ruang genset		
Alamat	: STO Telkom 2 Ulin, Jl. A. Yani KM 3.5 No. 62		
Kenampakan Mencejol	: Polresta, STO Telkom 2 Ulin		
Keterangan Tambahan	: Informasi lebih lengkap mengenai Ina-CORS silahkan mengunjungi http://nrtk.big.go.id/sbc atau https://srgi.big.go.id/		
KOORDINAT GEODETIK (WGS-84)		KOORDINAT KARTESIAN (SRGI 2013 Epoch 2012.0)	
Lintang	: 3° 19' 49.28338" S	X	: -2651736,845 meter
Bujur	: 114° 36' 38.23169" E	Y	: 5789060,426 meter
Tinggi Elipsoid	: 52,702 meter	Z	: -368051,649 meter
LAJU KECEPATAN KARTESIAN		LAJU KECEPATAN TOPOSENTRIK	
Vx	: - meter/tahun	V utara	: - meter/tahun
Vy	: - meter/tahun	V timur	: - meter/tahun
Vz	: - meter/tahun	V vertikal	: - meter/tahun
PERANGKAT			
Receiver	: LEICA GR50	Radome	: LEIM
Antena	: LEIAR20	Tinggi Antena	: 0.055
Tahun Dibangun	: 2015	Ket. Tinggi Antena	: Bottom of Antenna
Komunikasi Data	: ONLINE		

Gambar 3. 3 Keterangan Stasiun Cors Banjarmasin (SGRI, 2021)

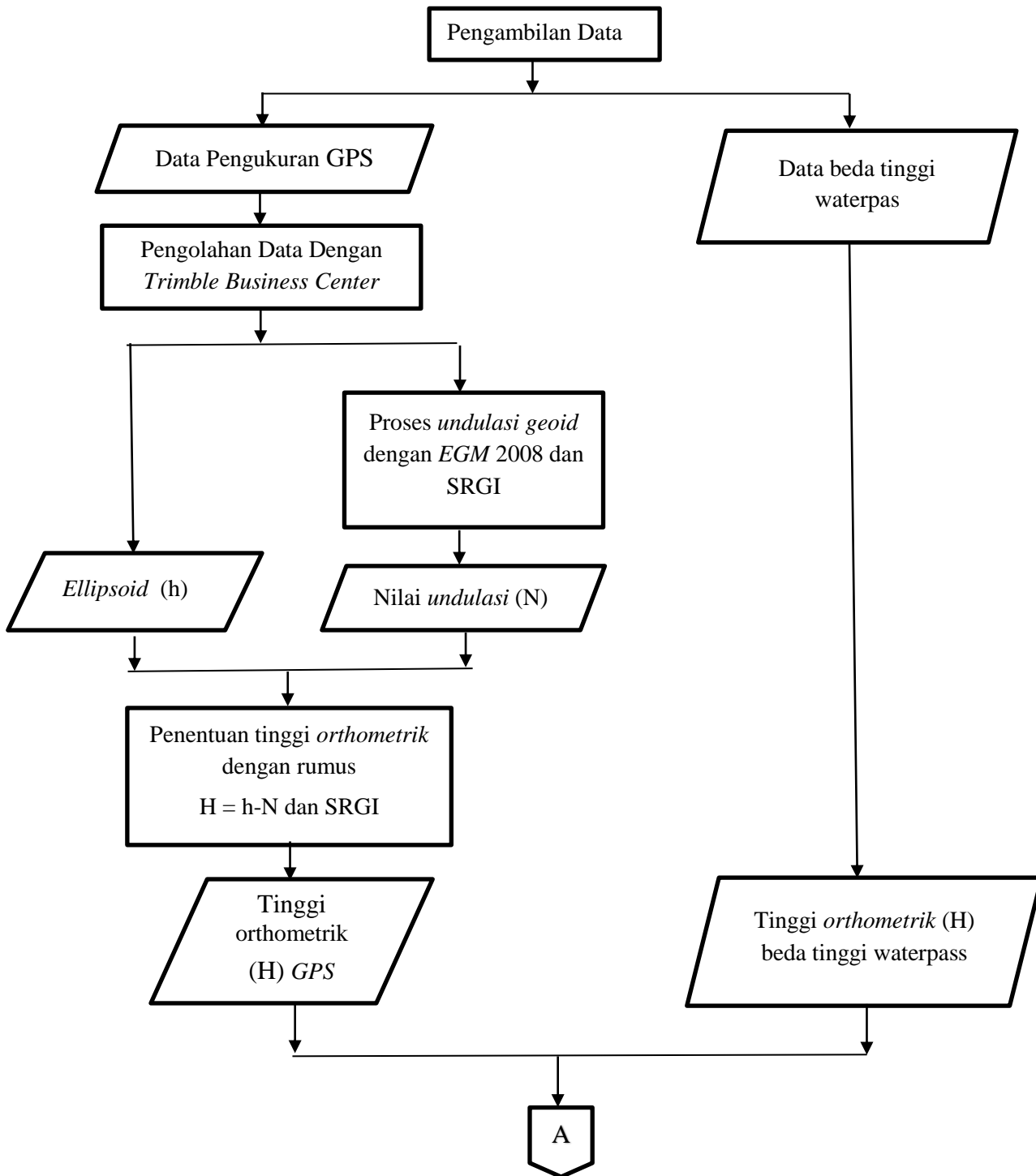
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

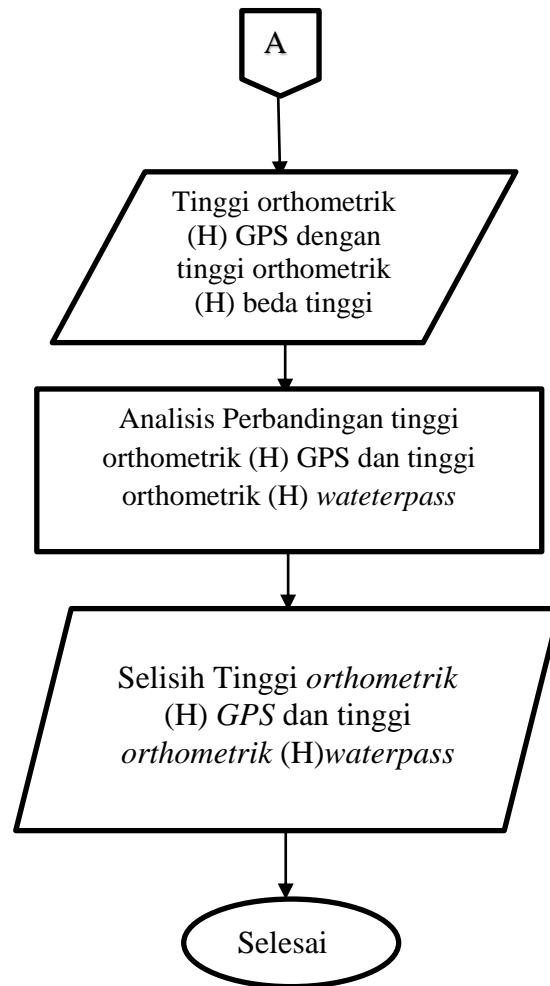
1. Peralatan yang dibutuhkan
 - a. Komputer, merupakan perangkat keras yang digunakan untuk menjalankan perangkat lunak dan mengolah data. Laptop yang digunakan adalah Asus Core i5 dengan spesifikasi sebagai berikut :

Sistem Operasi	: Windows 10
Processor	: Intel(R) Core i5-4200M
RAM	: 4 GB
Harddisk	: 1 TB
 - b. *GPS Geodetic*.
 - c. *Trimble Business Centre*
 - d. *Alltrans EGM 2008 Calculator* © H.-G. Duenck-Kerst.
 - e. *Microsoft Word 2007, Microsoft Excel 2007*
2. Data yang dibutuhkan :
 - a. Data hasil pengukuran *GPS Geodetic* Tahun 2020 KM 17 Bypass Banjarmasin.
 - b. Data beda tinggi *waterpas KM 17 Bypass* Banjarmasin Kalimantan Selatan Kalimantan Selatan Tahun 2020.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini diagram alir yang memperlihatkan gambaran langkah-langkah pelaksanaan penelitian :





Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan proses penelitian dalam bentuk diagram alir akan dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Pengambilan data dilakukan dengan cara melakukan *observasi* ke kantor pertanahan Kota Banjarmasin . Data yang diambil meliputi data :
 - a. Data *GPS* deodetik
 - b. Data Beda Tinggi

- 2) Data pengukuran *GPS* ini dengan menggunakan metode *leveling* atau *heighting* yang nantinya digunakan data penelitian untuk penentu tinggi *orthometrik*.
- 3) Pengolahan data *GPS* dengan menggunakan *software*
 - a. *CHC Geomatic Office* digunakan untuk pengolahan data mentah sampai data bentuk RINEX
 - b. *Timble Business Centre (TBC)* digunakan untuk pembuatan *baseline* dari data *GPS* yang sudah bentuk RINEX sampai data siap pakai (*latitude, longitude* dan data tinggi *ellipsoid*).
- 4) Tinggi *ellipsoid* (*h*) yang didapatkan dari pengukuran *GPS heighting* atau data dari hasil pengolahan *baseline* dengan *software TBC*.
- 5) Proses perhitungan untuk penentuan nilai *undulasi geoid* menggunakan *Alltrans EGM 2008 Calculator* © H.-G. Duenck-Kerst dan situs SRGI.
- 6) Untuk mendapat nilai tinggi *orthometrik* (*H*) dari pengukuran *GPS* harus menggunakan nilai *undulasi geoid* atau tinggi *ellipsoid* (*h*) dikurangi dengan nilai *undulasi geoid* (*N*) yang di dapatkan dari *EGM 2008* dan situs *SRGI*
- 7) Proses perhitungan untuk mencari tinggi *orthometrik* menggunakan Rumus perhitungan *undulasi geoid* ($H = h - N$).
 - a. *H* merupakan tinggi *orthometrik*
 - b. *h* merupakan tinggi *ellipsoid*
 - c. *N* merupakan nilai *undulasi geoid*
- 8) Proses perhitungan dengan rumus : ($H = h - N$) untuk menentukan tinggi *orthometrik* dari *GPS*.
- 9) Tinggi *orthometrik* yang akan dihitung menggunakan data *GPS* akan digunakan sebagai data pembandingan tinggi *orthometrik* dari beda tinggi.
- 10) Tinggi *orthometrik* dari data beda tinggi ini dijadikan sebagai acuan untuk mencari tinggi *orthometrik* dari *GPS*.
- 11) Analisis perbandingan dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai tinggi *orthometrik* dan beda tinggi *orthometrik* dari hasil pengamatan menggunakan metode *GPS heighting/levelling* dengan hasil pengamatan menggunakan *waterpas*. Nilai yang dianggap benar adalah nilai hasil pengamatan

menggunakan waterpas. Hasil perbedaan beberapa titik berikutnya akan dihitung nilai rata-rata dan simpangan baku.

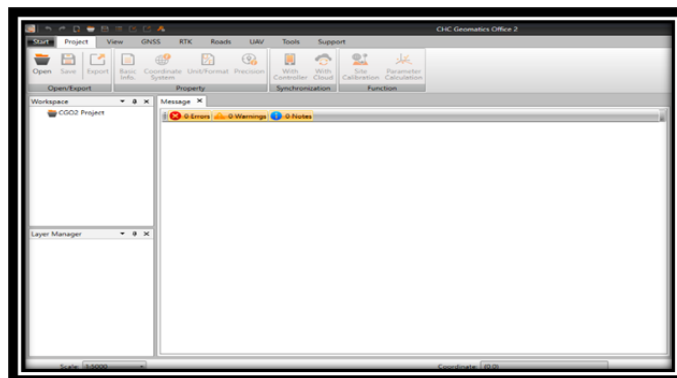
- 12) Hasil dari analisis ini akan diketahui selisih nilai tinggi *orthometrik* yang diperoleh dari data *GPS heighting* dengan tinggi *orthometrik* dari data beda tinggi *waterpass*.

3.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Proses pengolahan data GNSS

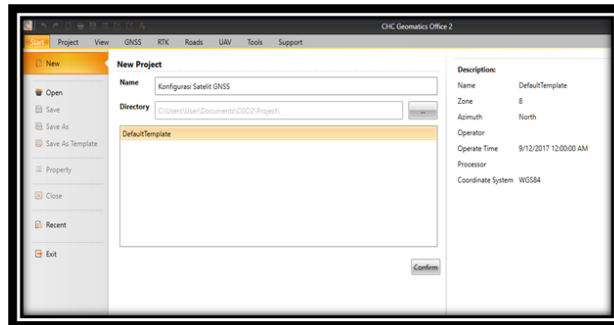
Proses pengolahan data GNSS akan meliputi tahapan-tahapan awal adalah konfigurasi satelit GNSS dan konversi data mentah ke dalam format *Receiver Independent Exchange Format (RINEX)*. Melalui aplikasi *CHC Geomatic Office* berikut:

1. Buka aplikasi CHC Geomatic Office yang sudah disiapkan dan akan tampilan awal aplikasi CHC Geomatic Office seperti berikut.



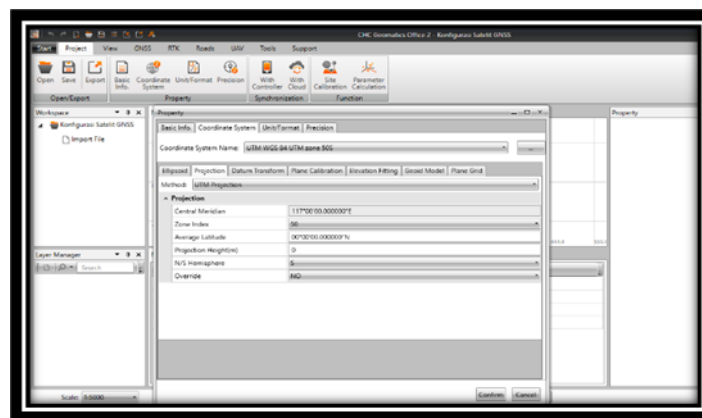
Gambar 3. 5 Tampilan awal aplikasi CHC Geomatic Office

2. Pembuatan project terlebih dahulu yang berfungsi melakukan penyimpanan data mentah serta data hasil pengolahan. Untuk membuat project baru dapat dilakukan sebagai berikut: Klik ke menu start pilih New Project, dan isikan nama project sesuai pengguna dan selanjutnya klik confirm.



Gambar 3. 6 Tampilan new project

3. Setelah klik *confirm* selanjutnya klik pada menu *project* pilih *coordinate system* dan akan menentukan sistem koordinat, Datum, Zona dan Model *Geoid* sesuai lokasi penelitian, setelah diisih semua maka klik kembali pada *confirm* untuk menyimpan *project*.



Gambar 3. 7 Tampilan setingan new project

4. Impor Data Pengamatan *GPS*

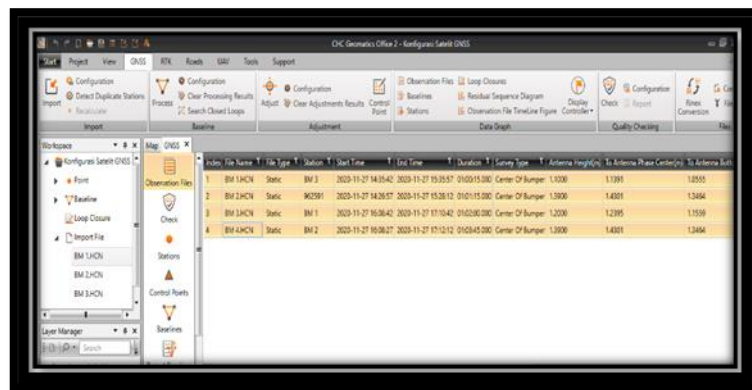
Pada tahapan ini merupakan tahap memanggil atau memindahkan data pengamatan yang sudah *download* dari *Receiver* ke dalam aplikasi *CHC Geomatic Office*. Adapun langkah sebagai berikut:

- a. Klik pada menu *GPS*, lalu kemudian cari folder yang tersimpan data mentah pengamatan *GPS*



Gambar 3. 8 Impor data mentah

- b. Kemudian klik *open* dan *confirm* sehingga selanjutnya data akan bisa tampil ke dalam aplikasi *CHC Geomatic Office* seperti di bawah :

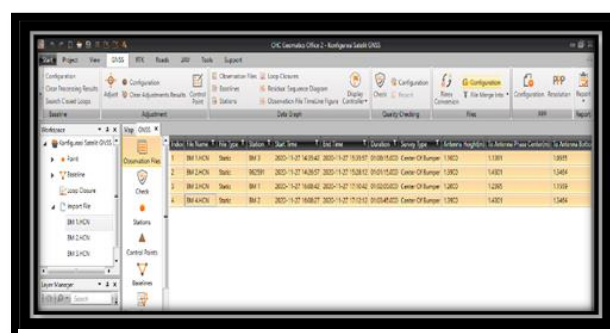


Gambar 3. 9 Tampilan data mentah

- c. Konfigurasi Satelit *GPS*

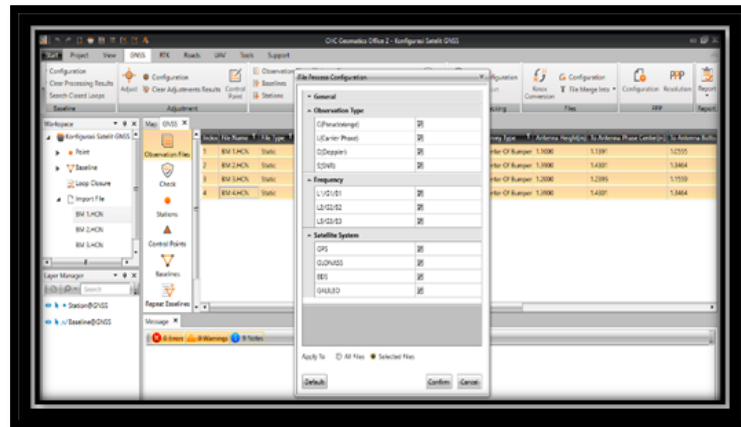
Pada tahapan ini lakukan konfigurasi satelit *GPS* sesuai skenario yang sudah direncanakan. Adapun langkah-langkah untuk konfigurasi satelit *GPS* sebagai berikut:

- Klik pada menu configuration maka akan tampil satelit *GPS* seperti berikut



Gambar 3. 10 Tampilan data mentah

- Setelah klik konfigurasi maka akan tampil satelit *GPS* untuk melakukan konfigurasi satelit sesuai skenario yang sudah direncanakan. Untuk menyimpan data yang di konfigurasi klik confirm untuk data bisa disimpan.



Gambar 3. 11 Konfigurasi satelit

5. Konversi Data Mentah Ke *RINEX*

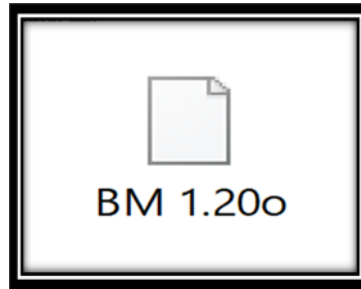
Tujuan dalam tahapan ini untuk melakukan konversi data mentah pengamatan satelit *GPS* ke format *Receiver Independent Exchange Format (RINEX)* sehingga data bisa diproses pada tahapan selanjutnya. Maka berikut ini adalah proses konversi data mentah ke format *RINEX* melalui aplikasi *CHC Geomatic Office* :

Pada tahapan ini klik pada menu *Rinex conversion* maka akan muncul tampilan seperti berikut dan proses selanjutnya klik *Ok*. maka data akan secara otomatis dikonversi ke format *Rinex*.



Gambar 3. 12 Konversi Data

Setelah klik Ok maka data akan secara otomatis dikonversi ke format *rinex* seperti tampilan berikut ini.



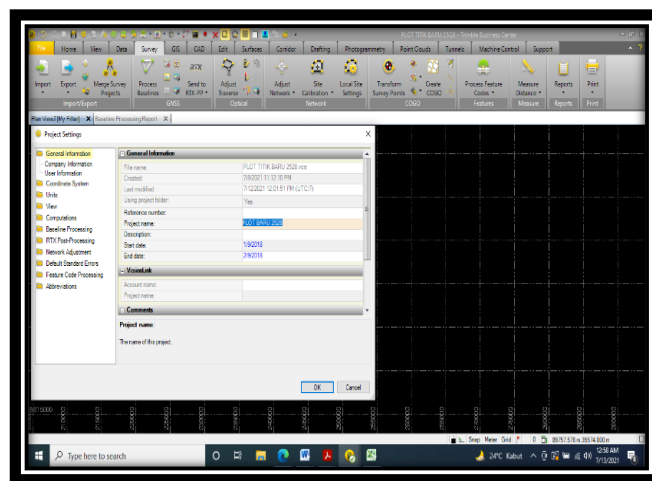
Gambar 3. 13 Format Data Rinex

3.4.2 Proses Baseline

Pada proses *baseline* dimaksudkan untuk menghitung vector koordinat relatif tiga dimensi *baseline* (dX, dY,dZ) antara dua titik yang terlibat. Adapun tahapan proses *baseline* pada penelitian ini menggunakan *software Trimble Business Center 4.10.1* adalah sebagai berikut:

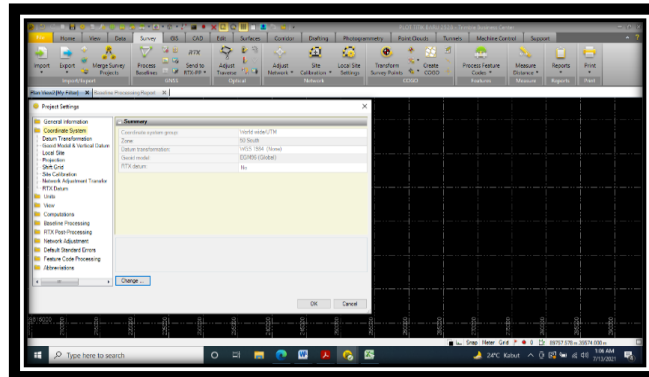
1. Membuka *software Trimble Business Center 4.10.1* kemudian membuat project > mengatur system projection koordinat yang sesuai dengan zona lokasi pengamatan > *klik* oke setelahnya *import raw* data yang telah dikonversi dalam format *file rinex*.

- a. Tampilan untuk membuat projek.



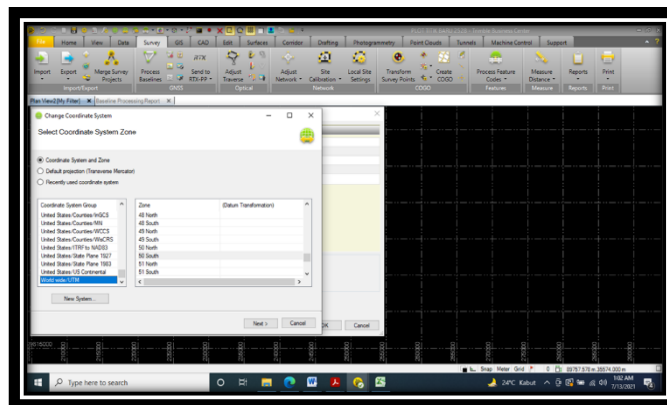
Gambar 3. 14 Pembuatan Projek

- b. Klik koordinat sistem lalu klik change untuk mengatur koordinat.



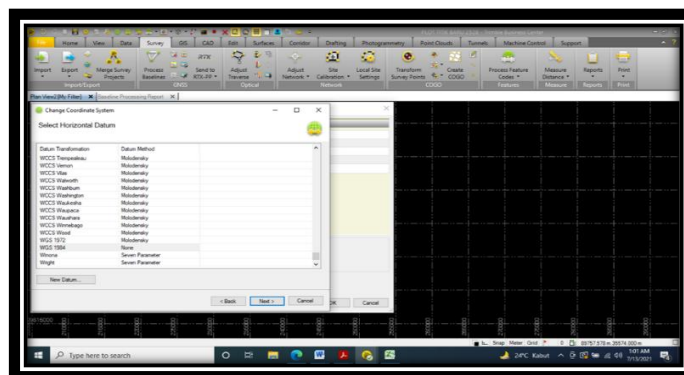
Gambar 3. 15 Proses Koordinat Sistem

- c. Pilih *coordinate system* dan zona. Zona yang digunakan UTM 50 karena wilayah Banjarmasin berada pada zona UTM 50.



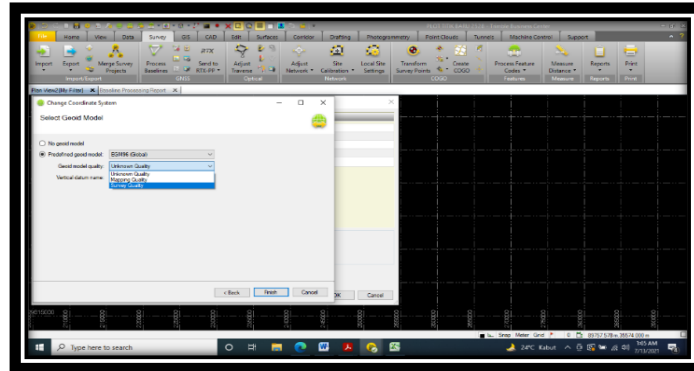
Gambar 3. 16 Koordinat Sistem UTM

- d. Kemudian memilih datum WGS 1984



Gambar 3. 17 Datum WGS 1984

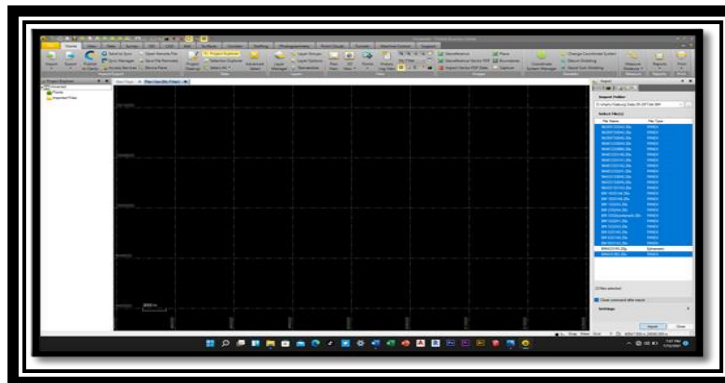
- e. Kemudian klik next dan memilih *predefined geoid model* kemudian memilih *survey quality* dan klik *finis*.



Gambar 3. 18 Predefined Geoid Model

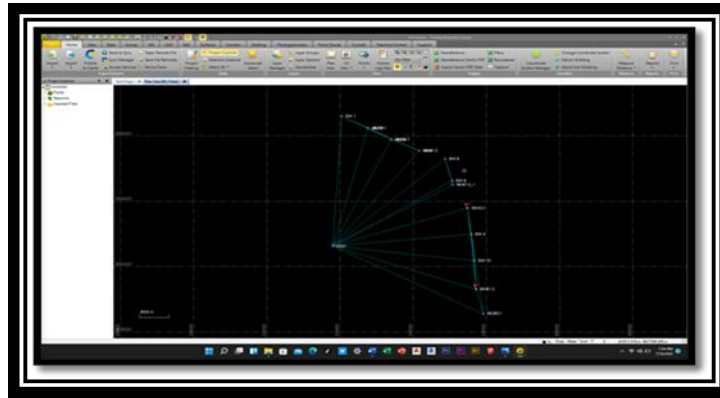
2. Proses *import* data hasil *rinex*

Pilih data format *rinex* pada layer dan arahkan cursor dipojok bawah kemudian klik *import*



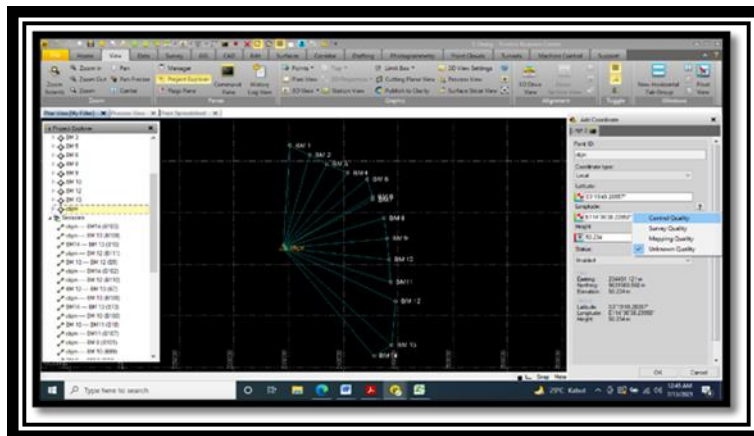
Gambar 3. 19 Proses

3. Data *rinex* yang *diimport* akan secara otomatis berbetuk *baseline* pada layer sebagaimana penampakan *baseline* pada gambar dibawah ini.



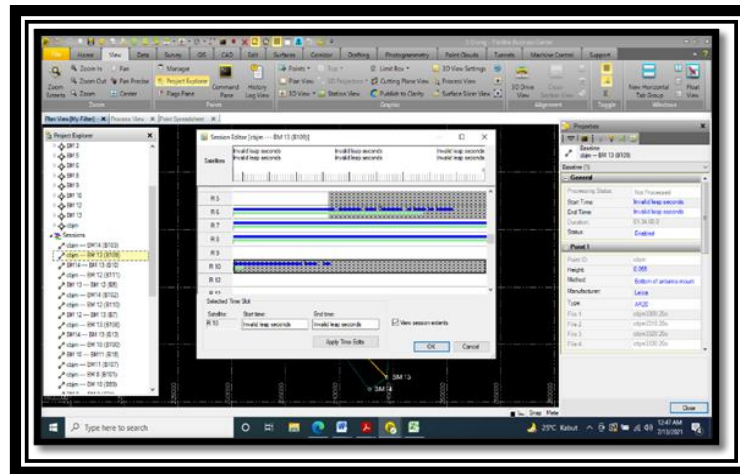
Gambar 3. 20 Tampilan Baseline

4. Selanjutnya, menambahkan koordinat *fixed* yang kemudian dijadikan sebagai titik ikat atau *quality control reference* dengan klik menu *Home* > pilih *project explorer* > lalu klik pada point dan pilih titik koordinat yang sudah memiliki nilai referensi > kemudian klik kanan *Add Coordinate*, maka akan muncul tampilan input > klik *Control Quality* > setelah itu klik *Ok*.



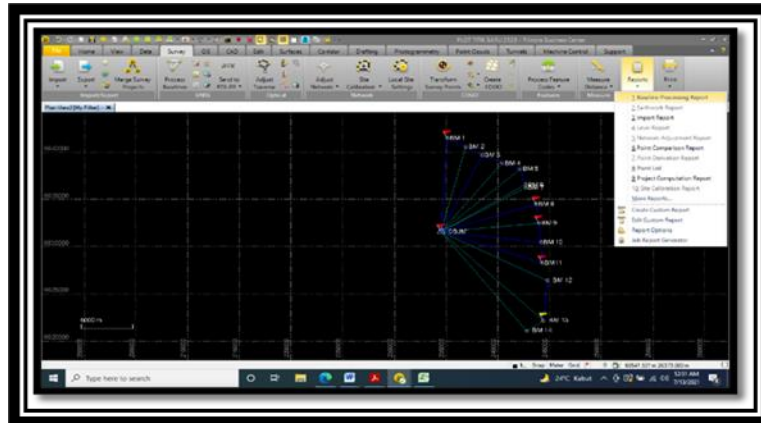
Gambar 3. 21 Add Coordinate

5. Selanjutnya memotong sinyal satelit yang kurang bagus atau terputus untuk masing-masing data pengamatan dengan klik pada menu *Home* > pilih *project explorer* > klik *session* > lalu klik pada bagian *session editor* untuk mengatur sinyal satelit > setelah itu klik *Ok*.



Gambar 3. 22 Tampilan Sinyal Satelit

6. Kemudian, dilanjutkan dengan proses pengolahan *baseline* dengan klik > *select all* semua *baseline* yang akan di proses > lalu klik menu *survey* > dan pilih *process baseline*. Kemudian akan muncul tampilan *baseline* dengan garis berwarna biru.



Gambar 3. 23 Process Baseline

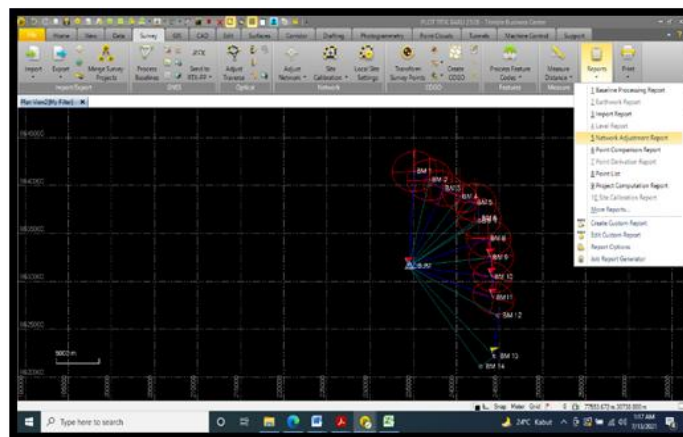
7. Dari hasil proses *baseline* tersebut, kemudian > *klik* menu *survey* > pilih *report* > dan *klik baseline processing report* untuk memunculkan hasil data ketelitian horizontal, *vertical*, *vektor baseline*, tinggi *elipsoid* dan *solution type fixed* atau *failed*

Observation	Point	No	Station Type	Station Name	Azimuth	Angle	Distance	Height	Height Difference
1000001	1000001	1000001	Control	BM 1000001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1000002	1000002	1000002	Control	BM 1000002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1000003	1000003	1000003	Control	BM 1000003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1000004	1000004	1000004	Control	BM 1000004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1000005	1000005	1000005	Control	BM 1000005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1000006	1000006	1000006	Control	BM 1000006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1000007	1000007	1000007	Control	BM 1000007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1000008	1000008	1000008	Control	BM 1000008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1000009	1000009	1000009	Control	BM 1000009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1000010	1000010	1000010	Control	BM 1000010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Gambar 3. 24 Tampilan Baseline Report

8. Proses perataan jaring

Setelah proses perhitungan baseline selanjutnya dilakukan proses perataan untuk memperoleh koordinat definitf dari titik kontrol *Benchmark* (BM). Tampilan perataan jaring seperti terlihat pada gambar di bawah ini

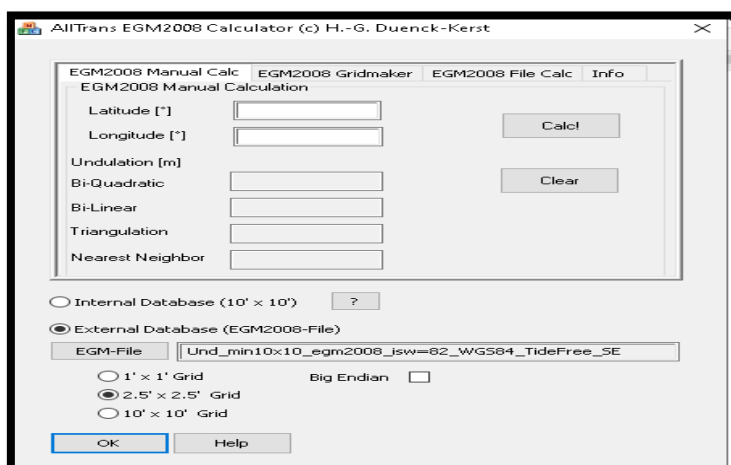


Gambar 3. 25 Tampilan perataan jaring

3.4.3 Proses Perhitungan Nilai Undulasi Geoid (N) dengan *Alltras EGM 2008* dan Situs SRGI

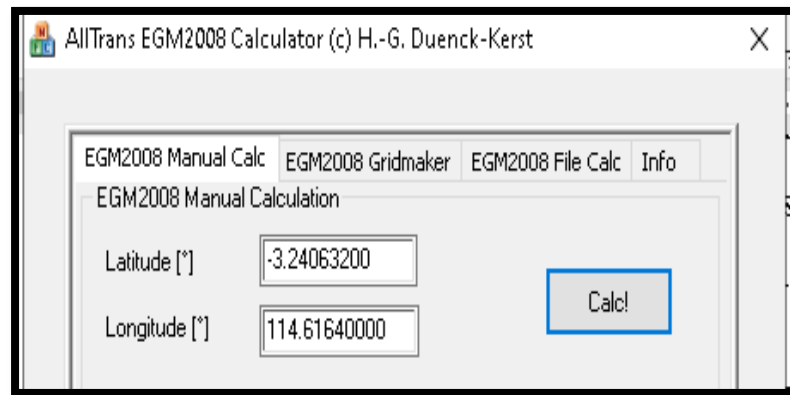
Proses penentuan nilai *undulasi geoid* (N) peneliti menggunakan dua cara yaitu penentuan nilai undulasi dengan *Alltras EGM 2008 calculator* dan situs Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI).

1. Penentuan nilai undulasi dengan *Alltrans EGM 2008*
 - a. Didalam proses perhitungan nilai undulasi geoid (N) menggunakan *EGM 2008* dengan grid 2,5 x 2,5. Berikut tampilan awal *alltrans EGM 2008*:



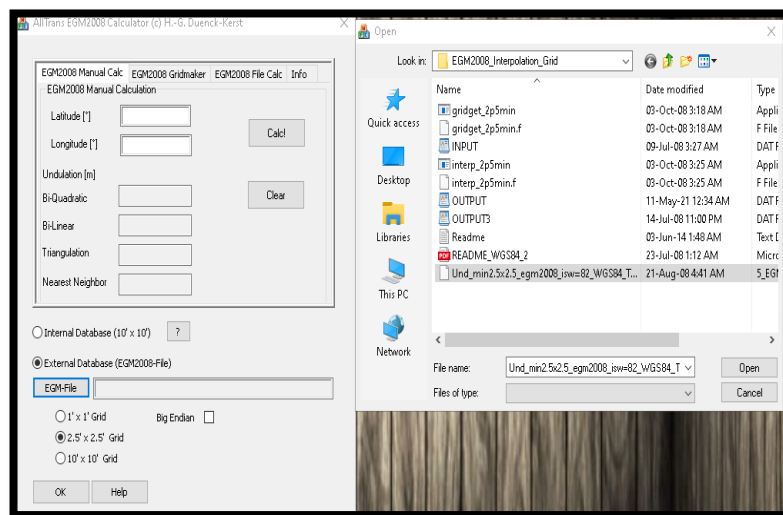
Gambar 3. 26 Tampilan Awal Alltrans EGM 2008 Calculator

- b. Proses perhitungan undulasi geoid (N) dengan *Alltras EGM 2008 calculator*. Perhitungan dengan cara memasukkan koordinat *latitude* dan *longitude* pada *Alltras EGM 2008 calculator*. Berikan tanda minus pada latitude karena lokasi berada pada lintang selatan.



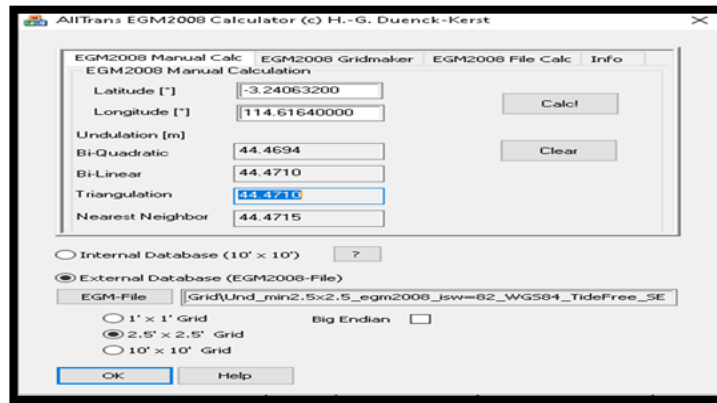
Gambar 3. 27 Proses Input Koordinat Latitude Dan

- c. Masukkan file *Alltrans EGM 2008* yang dapat diunduh dari situs *EGM 2008* dengan cara klik *external database (EGM file)* lalu klik *EGM file*. File yang diunduh adalah file dengan grid 2,5 x 2,5 maka secara otomatis opsi 2,5 x 2,5 akan dipilih.

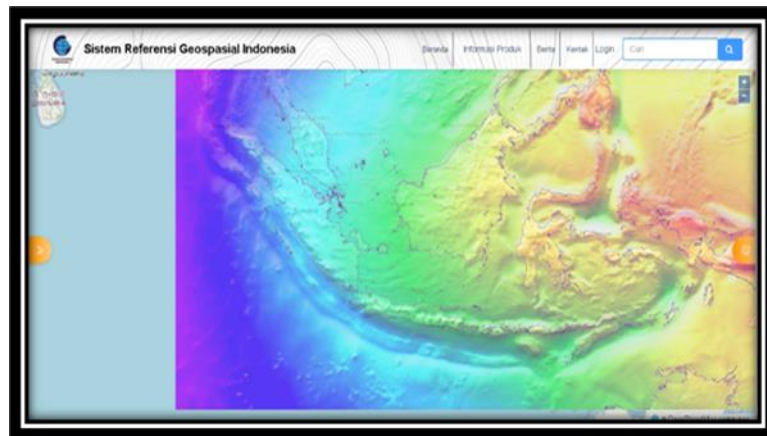


Gambar 3. 28 Proses Add External Data EGM 2008

- d. Klik calc untuk *software* pada *software Alltrans EGM 2008* maka secara otomatis akan terhitung. Maka akan muncul hasil dari perhitungan seperti terlihat pada gambar dibawah ini

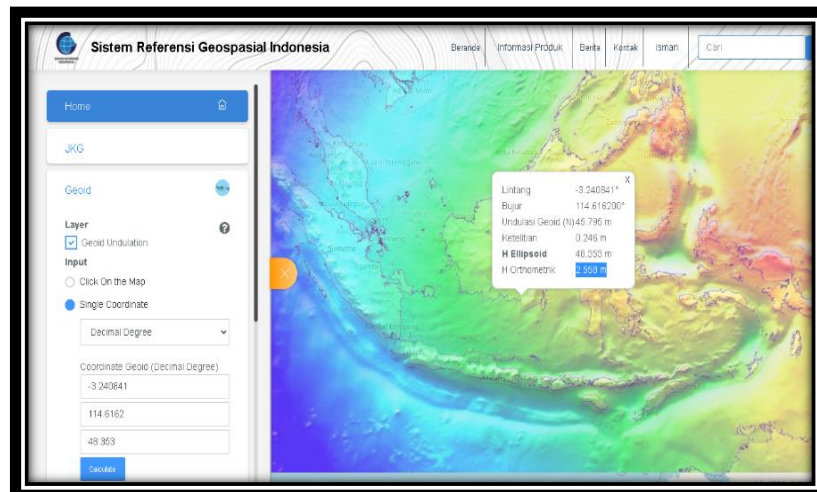


- Gambar 3. 29 Proses Perhitungan Nilai Undulasi geoid Dengan
2. Penentuan nilai *undulasi geoid* (N) dengan situs Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI). Langkah – langkah penentuan nilai *undulasi geoid* (N):
 - a. Buka situs SRGI dan login aku yang sudah terdaftar lalu pilih geoid mindonesia



Gambar 3. 30 Tampilan Awal Situs SRGI

- b. Pilih geoid udulasi pada layer SRGI lalu pilih single koordinat dan masukkan koordinat latitude dan longngitude setelah itu masukkan tinggi elipsoid dan klik kalkulatur maka nilai undulasinya akan terhitung secara otomatis pada situs SRGI.



Gambar 3. 31 Proses Perhitungan Nilai Undulasi geoid dan Orthometrik dengan Situs SRGI

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Data titik kontrol *benchmark* (BM) dan *control poin* (CP) yang dihasilkan dari pengukuran *GPS* pelaksanaanya di jalan Sp Handi Km *Bypass* Banjarmasin digunakan untuk penentuan tinggi orthometrik di dalam penelitian ini. Proses pengolahan data titik – titik BM dan CP menggunakan *software timble busess center* yang menghasilkan koordinat – koordinat lintang dan bujur yang akan digunakan untuk mencari nilai *undulasi geoid*. Proses perhitungan nilai *undulasi geoid* (N) menggunakan *Alltras EGM 2008 calculator*.

4.1 Hasil Pengolahan Data

4.1.1 Koordinat dan Titik Tinggi terhadap Bidang *Elipsoid*

Dari proses perataan menghasilkan koordinat geografis titik terhadap bidang *elipsoid*.

Tabel 4. 1 Koordinat geodetik dan titik tinggi bidang ellipsoid

No	Nama titik	Lintang	Bujur	Tinggi <i>Elipsoid</i> (Meter)
1	BM 1	-3,240632	114,6164	47,319
2	BM 2	-3,248906	114,6325	46,767
3	BM 3	-3,256913	114,6468	47,232
4	BM 4	-3,264690	114,6640	47,079
5	BM 5	-3,270356	114,6798	47,172
6	BM 6	-3,285433	114,6842	47,166
7	BM 7	-3,288215	114,6844	47,192
8	BM 8	-3,304360	114,6936	47,280
9	BM 9	-3,322409	114,6960	48,151

10	BM 10	-3,341150	114,6977	48,252
11	BM 11	-3,360578	114,6988	48,625
12	BM 12	-3,378050	114,7030	48,622
13	BM 13	-3,415839	114,6996	50,348
14	BM 14	-3,425489	114,6851	50,305
15	CP 1	-3,240841	114,6162	48,353
16	CP 2	-3,248786	114,6323	46,412
17	CP 3	-3,256751	114,6464	46,925
18	CP 4	-3,264590	114,6137	46,957
19	CP 5	-3,269977	114,6796	46,906
20	CP 6	-3,284971	114,6842	46,835

4.1.2 Hasil Perhitungan Nilai *Undulasi Geoid* (N)

Pada perhitungan untuk transfer tinggi *orthometrik* (H) nilai yang diketahui adalah tinggi terhadap bidang *ellipsoid* (h) dari hasil pengukuran *GPS* yang ada pada tabel 4.2 diatas. Selanjutnya adalah untuk mencari nilai *undulasi geoid* (N) dari masing – masing titik BM dan CP. Untuk mencari nilai *undulasi geoid* (N) peneliti menggunakan *software Alltras Earth Gravitational (EGM) 2008* dan situs sistem referensi geospasial indonesia (SRGI). Untuk perhitungan nilai undulasi geoid (N) menggunakan *Alltras EGM 2008* dengan *grid 2,5 x 2,5* dalam mencari nilai *undulasi geoid* (N). Berikut hasil perhitungan nilai undulasi geoid (N) dari *Alltrans EGM 2008* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 2 Nilai undulasi geoid dari EGM 2008

No	Nama titik	Nilai <i>Undulasi Goid</i> (N) Dari <i>EGM 2008</i> (Meter)
1	BM 1	44,4710

2	BM 2	44,4835
3	BM 3	44,5079
4	BM 4	44,5381
5	BM 5	44,5398
6	BM 6	44,5375
7	BM 7	44,5357
8	BM 8	44,5713
9	BM 9	44,5443
10	BM 10	44,5639
11	BM 11	44,5502
12	BM 12	44,5739
13	BM 13	44,5731
14	BM 14	44,5336
15	CP 1	44,4705
16	CP 2	44,4833
17	CP 3	44,5072
18	CP 4	44,4631
19	CP 5	44,5397
20	CP 6	44,5379
21	CP 7	44,5358
22	CP 8	44,5701
23	CP 9	44,5440
24	CP 10	44,5619
25	CP 11	44,5502

26	CP 12	44,5725
27	CP 13	44,5741
28	CP 14	44,5359

Adapun nilai undulasi geoid (N) yang dihitung menggunakan situs SRGI dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 3 Nilai undulasi dari SRGI

No	Nama Titik	Nilai <i>Undulasi</i> (N) Dari SRGI (meter)
1	BM 1	45,795
2	BM 2	45,842
3	BM 3	45,943
4	BM 4	45,995
5	BM 5	46,108
6	BM 6	46,124
7	BM 7	46,124
8	BM 8	46,191
9	BM 9	46,274
10	BM 10	46,297
11	BM 11	46,320
12	BM 12	46,344
13	BM 13	46,391
14	BM 14	46,330
15	CP 1	45,795

No	Nama Titik	Nilai <i>Undulasi</i> (N) Dari SRGI (meter)
16	CP 2	45,795
17	CP 3	45,842
18	CP 4	45,751
19	CP 5	46,108
20	CP 6	46,116
21	CP 7	46124
22	CP 8	46,191
23	CP 9	46,274
24	CP 10	46,297
25	CP 11	46320
26	CP 12	46,344
27	CP 13	46,391
28	CP 14	46,330

4.1.3 Hasil Perhitungan Tinggi Orthometrik (H) *GPS Heighting*

Untuk penentuan tinggi *orthometrik* (H) dari data hasil pengukuran *GPS heighting*. Proses perhitungannya menggunakan tinggi *ellipsoid* (h) dari hasil pengukuran *GPS heighting* dan nilai undulasi yang sudah hitung menggunakan *calculator EGM 2008* dan nilai undulasi yang dihitung dari situs SRGI. Proses perhitungan tinggi *elipsoid* dikurangi dengan nilai *undulasi* (h) atau dengan rumus dibawah ini dan perhitungan BM1 dibawah ini.

$$H = h - N$$

$$h \text{ BM1} = 47,319$$

$$N \text{ BM1} = 44,471$$

$$H \text{ BM1} = 47,319 - 44,471$$

$$H = 2,848$$

Berdasarkan nilai tinggi *orthometrik* (H) pada titik BM1(satu) diatas maka proses perhitungan untuk penentuan tinggi *orthometrik* (H) menggunakan dari hasil data perhitungan medel *geoid EGM 2008*. Dari hasil perhitungan tinggi *orthometrik* (H) dari BM1 akan dijadikan sebagai acuan untuk penentuan tinggi *orthometrik* (H) dititik berikutnya.

Proses perhitungan untuk penentuan tinggi *orthometrik* dari hasil data *EGM 2008* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta H = \Delta h - \Delta N$$

$$H = h_{12} - N_{12}$$

$$H_2 = (h_2 - h_1) - (N_2 - N_1)$$

$$H_2 = [(h_2 - h_1) - (N_2 - N_1)] + H_1$$

Proses perhitungan untuk penentuan nilai tinggi *orthometrik* dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Nilai Tinggi Orthometrik dari EGM 2008

No	Nama Titik	Nama Titik	h ₁ (meter)	h ₂ (meter)	N ₁ (meter)	N ₂ (meter)	H ₁ (meter)	H ₂ (meter)
1	BM1	BM2	47,319	46,767	44,471	44,4835	2,848	2,2835
2	BM2	BM3	46,767	47,232	44,4835	44,5079	2,2835	2,7241
3	BM3	BM4	47,232	47,079	44,5079	44,5381	2,7241	2,5409
4	BM4	BM5	47,079	47,172	44,5381	44,5398	2,5409	2,6322
5	BM5	BM6	47,172	47,166	44,5398	44,5375	2,6322	2,6285
6	BM6	BM7	47,166	47,192	44,5375	44,5357	2,6285	2,6563
7	BM7	BM8	47,192	47,280	44,5357	44,5713	2,6563	2,7087
8	BM8	BM9	47,280	48,151	44,5713	44,5443	2,7087	3,6067
9	BM9	BM10	48,151	48,252	44,5443	44,5639	3,6067	3,6881

10	BM10	BM11	48,252	48,625	44,5639	44,5502	3,6881	4,0748
11	BM11	BM12	48,625	48,622	44,5502	44,5739	4,0748	4,0481
12	BM12	BM13	48,622	50,348	44,5739	44,5731	4,0481	5,7749
13	BM13	BM14	50,348	50,305	44,5731	44,5336	5,7749	5,7714
14	CP1	CP2	48,353	46,412	44,4705	44,4833	3,8825	1,9287
15	CP2	CP3	46,412	46,925	44,4833	44,5072	1,9287	2,4178
16	CP3	CP4	46,925	46,957	44,5072	44,4631	2,417	2,4939
17	CP4	CP5	46,957	46,906	44,4631	44,5397	2,4939	2,3663
18	CP5	CP6	46,906	46,835	44,5397	44,5379	2,3663	2,2971
19	CP6	CP7	46,835	46,973	44,5379	44,5358	2,2971	2,4372
20	CP7	CP8	46,973	47,053	44,5358	44,5701	2,4372	2,4829
21	CP8	CP9	47,053	47,848	44,5701	44,5440	2,4829	3,304
22	CP9	CP10	47,848	47,848	44,5440	44,5619	3,304	3,4011
23	CP10	CP11	47,848	48,607	44,5619	44,5502	3,4011	4,0568
24	CP11	CP12	48,607	48,675	44,5502	44,5725	4,0568	4,1025
25	CP12	CP13	48,675	50,425	44,5725	44,5741	4,1025	5,8509
26	CP13	CP14	50,425	50,171	44,5741	44,5359	5,8509	5,6351

Data hasil perhitungan nilai undulasi geoid (N) dan tinggi orthometrik yang dihitung dari situs SRGI dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Tinggi Orthometrik dari SRGI

No	Nama Titik	Tinggi <i>Elipsoid</i> (h) (meter)	Nilai <i>Undulasi</i> (N) SRGI (meter)	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) SRGI (meter)
1	BM1	47,319	45,795	1,524
2	BM2	46,767	45,842	0,925
3	BM3	47,232	45,943	1,289
4	BM4	47,079	45,995	1,084
5	BM5	47,172	46,108	1,064
6	BM6	47,166	46,124	1,042
7	BM7	47,192	46,124	1,068
8	BM8	47,280	46,191	1,089
9	BM9	48,151	46,274	1,877
10	BM10	48,252	46,297	1,955
11	BM11	48,625	46,320	2,305
12	BM12	48,622	46,344	2,278
13	BM13	50,348	46,391	3,957
14	BM14	50,305	46,330	2,558
15	CP1	48,353	45,795	2,558
16	CP2	46,412	45,795	0,570
17	CP3	46,925	45,842	0,982
18	CP4	46,957	45,751	1,206
19	CP5	46,906	46,108	0,795

No	Nama Titik	Tinggi <i>Elipsoid</i> (h) (meter)	Nilai <i>Undulasi</i> (N) SRGI (meter)	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) SRGI (meter)
20	CP6	46,835	46,116	0,719
21	CP7	46,973	46,124	0,849
22	CP8	47,053	46,191	0,861
23	CP9	47,848	46,274	1,574
24	CP10	47,963	46,297	1,666
25	CP11	48,607	46,320	2,287
26	CP12	48,675	46,344	2,331
27	CP13	50,425	46,391	4,034
28	CP14	50,171	46,330	3,841

4.2 Pembahasan

Pembahasan dalam penelitian ini peneliti akan melakukan analisa keakurasian nilai tinggi *orthmetrik* (H) yang dihasilkan dari pengukuran *GPS heighting* yang sudah dihitung dengan *Alltrans EGM 2008* dan situs SRGI. Hasil analisis nilai tinggi *orthometrik* dari *GPS* yang dihasilkan dari kedua metode tersebut akan dilakukan analisis perbandingan dengan nilai tinggi *orthonetrik* (H) dari pengukuran *waterpass*. Nilai tinggi *orthometrik* yang dihasilkan dari pengukuran *waterpass* diasusmsikan nilai tinggi yang benar.

4.2.1 Data Tinggi *Orthometrik* (H) dari Pengukuran *Waterpass*

Tinggi *orthometrik* (H) dari data hasil pengukuran *waterpass* yang dianggap benar dalam penelitian ini. peneliti akan menjadikan sebagai data pembanding dengan tinggi *orthometrik* (H) dari data hasil pengukuran *GPS heighting*. Berikut data tinggi *orthometrik waterpass* yang ditampilkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 6 Titik Tinggi Orthometrik Waterpass

No	Nama Titik	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) <i>Waterpass</i> (meter)
1	BM1	2,861
2	BM2	2,268
3	BM3	2,638
4	BM4	2,620
5	BM5	2,740
6	BM6	3,141
7	BM7	3,103
8	BM8	2,875
9	BM9	3,679
10	BM10	3,205
11	BM11	3,692
12	BM12	4,293
13	BM13	5,602
14	BM14	5,389
15	CP1	3,883
16	CP2	1,926
17	CP3	2,414
18	CP4	2,607
19	CP5	2,411
20	CP6	2,851

21	CP7	2,964
22	CP8	2,656
23	CP9	3,394
24	CP10	3,391
25	CP11	3,705
26	CP12	3,869
27	CP13	5,623
28	CP14	5,241

4.2.2 Tinggi Orthometrik (H) Waterpass.

Untuk mengetahui akurasi nilai tinggi orthometrik dari titik survei *GPS* dengan metode *heigting* dilakukan analisa perbandingan nilai tinggi dari hasil survei *GPS* dengan hasil survei *waterpass*. Dalam analisa nilai tinggi *orthometrik* hasil survei *waterpas* diasumsikan merupakan nilai yang benar. Nilai tinggi orthometrik yang dihasilkan dari pengukuran *waterpas* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 7 Selisih Nilai Tinggi Orthometrik dari Waterpass

No	Nama Titik	Tinggi Orthometrik (H)	Nama Titik	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) BM Dan CP <i>Waterpass</i> (meter)	Selisih Beda Orthometrik (ΔH) <i>Waterpas</i> (meter)
1	BM 1	2,861	BM2	2,268	-0,593
2	BM2	2,268	BM3	2,638	0,37
3	BM3	2,638	BM4	2,620	-0,018
4	BM4	2,620	BM5	2,740	0,12
5	BM5	2,740	BM6	3,141	0,401
6	BM6	3,141	BM7	3,103	-0,038

No	Nama Titik	Tinggi Orthometrik (H)	Nama Titik	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) BM Dan CP <i>Waterpass</i> (meter)	Selisih Beda Orthometrik (ΔH) <i>Waterpas</i> (meter)
7	BM7	3,103	BM8	2,875	-0,228
8	BM8	2,875	BM9	3,679	0,804
9	BM9	3,679	BM10	3,205	-0,474
10	BM10	3,205	BM11	3,692	0,487
11	BM11	3,692	BM12	4,293	0,601
12	BM12	4,293	BM13	5,602	1,309
14	BM13	5,602	BM14	5,389	-0,213
15	CP1	3,883	BM1	2,861	1,035
16	CP2	1,926	BM2	2,268	-0,329
17	CP3	2,414	BM3	2,638	-0,212
18	CP4	2,607	BM4	2,620	-0,077
19	CP5	2,411	BM5	2,740	-0,317
20	CP6	2,851	BM6	3,141	-0,277
21	CP7	2,964	BM7	3,103	-0,126
22	CP8	2,656	BM8	2,875	-0,206
23	CP9	3,394	BM9	3,679	-0,272
24	CP10	3,391	BM10	3,205	0,200
25	CP11	3,705	BM11	3,692	0,027
26	CP12	3,869	BM12	4,293	-0,412
27	CP13	5,623	BM13	5,602	0,034
28	CP14	5,241	BM14	5,389	-0,136

4.2.3 Analisis Tinggi *Orthometrik* (H) *GPS Heighting* dari *EGM 2008*

Analisis ketelitian nilai tinggi *orthometrik* (H) dari *GPS* yang dihasilkan dari perhitungan *Alltras EGM 2008 Calculator* dapat dihitung dengan cara pengurangan antara titik tinggi *orthometrik* dari *GPS* disetiap titik BM dan CP. Ketelitian antara titik tinggi *orthometrik* *GPS* disetiap BM dan CP dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 8 Beda Tinggi *Orthometrik* (ΔH) *GPS* dari *EGM 2008*

No	Nama Titik	Nama Titik	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) <i>GPS</i> (meter)	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) <i>GPS</i> (meter)	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) <i>GPS</i> (meter)
1	BM1	BM2	2,848	2,2835	-0,5645
2	BM2	BM3	2,2835	2,7241	0,4406
3	BM3	BM4	2,7241	2,5409	-0,1832
4	BM4	BM5	2,5409	2,6322	0,0913
5	BM5	BM6	2,6322	2,6285	-0,0037
6	BM6	BM7	2,6285	2,6563	0,0278
7	BM7	BM8	2,6563	2,7087	0,0524
8	BM8	BM9	2,7087	3,6067	0,898
9	BM9	BM10	3,6067	3,6881	0,0814
10	BM10	BM11	3,6881	4,0748	0,3867
11	BM11	BM12	4,0748	4,0481	-0,0267
12	BM12	BM13	4,0481	5,7749	1,7268
13	BM13	BM14	5,7749	5,7714	-0,0035
14	BM 1	CP1	2,848	3,8825	-2,844
15	BM2	CP2	2,2835	1,9287	-0,3548

No	Nama Titik	Nama Titik	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) <i>GPS</i> (meter)	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) <i>GPS</i> (meter)	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (Δ H) <i>GPS</i> (meter)
16	BM3	CP3	2,7241	2,4178	-0,3063
17	BM4	CP4	2,5409	2,4939	-0,047
18	BM5	CP5	2,6322	2,3663	-0,2659
19	BM6	CP6	2,6285	2,2971	-0,3314
20	BM7	CP7	2,6563	2,4372	-0,2191
21	BM8	CP8	2,7087	2,4829	-0,2258
22	BM9	CP9	3,6067	3,304	-0,3027
23	BM10	CP10	3,6881	3,4011	-0,287
24	BM11	CP11	4,0748	4,0568	-0,018
25	BM12	CP12	4,0481	4,1025	0,0544
26	BM13	CP13	5,7749	5,8509	0,076
27	BM14	CP14	5,7749	5,6351	-0,1398

4.2.4 Analisis Nilai Tinggi *Orthometrik* (H) *GPS Heighting* dari SRGI

Analisis ketelitian nilai tinggi *orthometrik* (H) *GPS heighting* yang dihasilkan dari perhitungan dengan situs SRGI dengan melakukan pengurangan nilai tinggi antara BM dan CP. Data hasil analisa dari situs SRGI dapat dilakukan analisa perbandingan dengan tinggi *orthometrik* dari *waterpass*. Data analisis tinggi *orthometrik* dari srgi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 9 Selisih Nilai Titik Tinggi Orthometrik dari Situs SRGI

No	Nma Titik	Nama Titik	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) dari SRGI (meter)	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) dari SRGI (meter)	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) GPS (meter)
1	BM1	BM2	1,524	0,925	-0,599
2	BM2	BM3	0,925	1,289	0,364
3	BM3	BM4	1,289	1,084	-0,205
4	BM4	BM5	1,084	1,064	-0,20
5	BM5	BM6	1,064	1,042	-0,022
6	BM6	BM7	1,042	1,068	0,026
7	BM7	BM8	1,068	1,089	0,021
8	BM8	BM9	1,089	1,877	0,788
9	BM9	BM10	1,877	1,955	0,078
10	BM10	BM11	1,955	2,305	0,35
11	BM11	BM12	2,305	2,278	-0,027
12	BM12	BM13	2,278	3,957	1,679
13	BM13	BM14	3,957	2,558	-1,399
14	BM1	CP1	1,524	2,558	1,034
15	BM2	CP2	0,925	0,570	-0,355
16	BM3	CP3	1,289	0,982	-0,307
17	BM4	CP4	1,084	1,206	0,122
18	BM5	CP5	1,064	0,795	-0,269
19	BM6	CP6	1,042	0,719	0,323
20	BM7	CP7	1,068	0,849	-0,219
21	BM8	CP8	1,089	0,861	-0,228
22	BM9	CP9	1,877	1,574	-0,303
23	BM10	CP10	1,955	1,666	-0,289

No	Nma Titik	Nama Titik	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) dari SRGI (meter)	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) dari SRGI (meter)	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) GPS (meter)
24	BM11	CP11	2,305	2,287	-0,018
25	BM12	CP12	2,278	2,331	0,053
26	BM13	CP13	3,957	4,034	-7,991
27	BM14	CP14	2,558	3,841	1,283

4.2.5 Analisis Perbandingan Beda Tinggi *Orthometrik* (H)

Nilai tinggi *orthometrik* titik-titik BM dan CP yang ditentukan dengan metode *Alltrans EGM 2008* menggunakan data *GPS* yang diikat dengan data *orthometrik* BM 1 (satu) dan CP 1 (satu) dapat dibandingkan dengan tinggi *orthometrik* dari *waterpass*. Tabel berikut menunjukkan selisi nilai tinggi *orthometrik* dari kedua metode tersebut.

Tabel 4. 10 Hasil Analisis Perbandinga Beda Tinggi GPS dan Waterpass

No	Nama Titik	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) <i>GPS Heighting</i> dari <i>EGM 2008</i>	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) <i>GPS</i> (meter)	Nama Titik	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) <i>Waterpass</i>	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) <i>Waterpass</i> (meter)	Selisi nilai Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) (meter)
1	BM2	2,2835	-0,5645	BM2	2,638	-0,593	-0,0285
2	BM3	2,7241	0,4406	BM3	2,620	0,37	-0,0706
3	BM4	2,5409	-0,1832	BM4	2,740	-0,018	0,1652
4	BM5	2,6322	0,0913	BM5	3,141	0,12	0,0287
5	Bm6	2,6285	-0,0037	Bm6	3,103	0,401	0,4047
6	BM7	2,6563	0,0278	BM7	2,875	-0,038	-0,0658
7	BM8	2,7087	0,0524	BM8	3,679	-0,228	-0,2804
8	BM9	3,6067	0,898	BM9	3,205	0,804	-0,094
9	BM10	3,6881	0,0814	BM10	3,692	-0,474	-0,5554

No	Nama Titik	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) <i>GPS Heighting</i> dari <i>EGM 2008</i>	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) <i>GPS</i> (meter)	Nama Titik	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) <i>Waterpass</i>	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) <i>Waterpass</i> (meter)	Selisi nilai <i>Beda Tinggi Orthometrik</i> (ΔH) (meter)
10	BM11	4,0748	0,3867	BM11	4,293	0,487	0,1003
11	BM12	4,0481	-0,0267	BM12	5,602	0,601	0,6277
12	BM13	5,7749	1,7268	BM13	5,389	1,309	-0,4178
13	BM14	5,7749	-0,0035	BM14	2,268	-0,213	-0,2095
14	CP1	3,8825	1,0345	CP1	3,883	1,035	-1,034
15	CP2	1,9287	-0,355	CP2	1,926	-0,329	0,026
16	CP3	2,4178	-0,307	CP3	2,414	-0,212	0,096
17	CP4	2,4939	0,122	CP4	2,607	-0,077	-0,199
18	CP5	2,3663	-0,269	CP5	2,411	-0,317	0,048
19	CP6	2,2971	0,323	CP6	2,851	-0,277	-0,600
20	CP7	2,4372	-0,219	CP7	2,964	-0,126	-0,093
21	CP8	2,4829	-0,228	CP8	2,656	-0,206	0,022
22	CP9	3,304	-0,303	CP9	3,394	-0,272	0,031
23	CP10	3,4011	-0,289	CP10	3,391	0,200	-0,489
24	CP11	4,0568	-0,018	CP11	3,705	0,027	0,045
25	CP12	4,1025	0,053	CP12	3,869	-0,412	-0,465
26	CP13	5,8509	0,076	CP13	5,623	0,034	0,042
27	CP14	5,6351	-0,1398	CP14	5,241	-0,136	0,004

Tabel 4. 11 Analisa Perbandingan Beda Tinggi GPS Dan Waterpassl

No	Nama Titik	Tinggi Orthometrik <i>GPS</i> (SRGI)	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) <i>GPS</i> (meter)	Nama Titik	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) <i>Waterpass</i> (meter)	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) <i>Waterpass</i> (meter)	Selisi nilai Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) (meter)
1	BM2	0,925	0,364	BM2	2,638	-0,593	0,006
2	BM3	1.289	-0,205	BM3	2,620	0,37	0,006
3	BM4	1.084	-0,02	Bm4	2,740	-0.018	0,187
4	BM5	1,064	-0,022	BM5	3,141	0,12	0,14
5	BM6	1,042	0,026	BM6	3,103	0,401	0,423
6	BM7	1,068	0,021	BM7	2,875	-0,038	-0,064
7	BM8	1,089	0,788	BM8	3,679	-0,228	-0,249
8	BM9	1,877	0,078	BM9	3,205	0,804	0,016
9	BM10	1,955	0,35	BM10	3,692	-0,474	-0,552
10	BM11	2,305	-0,027	BM11	4,293	0,487	0,137
11	BM12	2,278	1,679	BM12	5,602	0,601	0,628
12	BM13	3,957	-1,399	BM13	5,389	1,309	-0,37
13	BM14	2,558	1,034	BM14	2,268	-0,213	1,186
14	CP1	2,558	-0,355	CP1	3,883	1,035	1,390
15	CP2	0,570	-0,307	CP2	1,926	-0,329	-0,034
16	CP3	0,982	0,122	CP3	2,414	-0,212	0,334
17	CP4	1,206	-0,269	CP4	2,607	-0,077	-0,192
18	CP5	0,795	0,323	CP5	2,411	-0,317	0,640

No	Nama Titik	Tinggi Orthometrik <i>GPS</i> (SRGI)	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) <i>GPS</i> (meter)	Nama Titik	Tinggi <i>Orthometrik</i> (H) <i>Waterpass</i> (meter)	Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) <i>Waterpass</i> (meter)	Selisi nilai Beda Tinggi <i>Orthometrik</i> (ΔH) (meter)
19	CP6	0,719	-0,219	CP6	2,851	-0,277	0,058
20	CP7	0,849	-0,228	CP7	2,964	-0,126	-0,102
21	CP8	0,861	-0,303	CP8	2,656	-0,206	-0,097
22	CP9	1,574	-0,289	CP9	3,394	-0,272	-0,017
23	CP10	1,666	-0,018	CP10	3,391	0,200	-0,218
24	CP11	2,287	0,053	CP11	3,705	0,027	0,027
25	CP12	2,331	-7,991	CP12	3,869	-0,412	-7,580
26	CP13	4,034	1,283	CP13	5,623	0,034	1,249
27	CP14	3,841	-0,599	CP14	5,241	-0,136	-0,464

Perbandingan nilai beda tinggi *orthometrik* (ΔH) dari metode *GPS heighting* yang dihasilkan dari perhitungan *undulasi geoid* (N) dengan *Alltrans EGM 2008* dengan nilai beda tinggi *orthometrik* (ΔH) *waterpass*. Selisih nilainya pada rentang -0,094 m sampai pada nilai -0,093 m pada titik BM9 (sembilan) dan CP7 (tujuh) dengan selisi nilai beda tinggi -0,093 m . Sedangkan perbandingan nilai *orthometrik* (H) *GPS* yang dihitung dengan situs SRGI memiliki selisih nilai dari rentang -0,064 m pada BM7 (tujuh) dari *GPS* dan *waterpass* sedangkan perbandingan antara titik CP menghasilkan selisi nilai beda tinggi pada rentang -0,034 m pada titik CP2 (dua). Perlu dicatat bahwa ketelitian nilai undulasi dari *EGM 2008* dengan 2,5 x 2,5 grid. Sedangkan Perlu dicatat juga bahwa nilai tinggi *orthometrik* (H) yang diperoleh dari metode *GPS heighting* dipengaruhi oleh tinggi *elipsoid* (h) dan nilai *undulasi geoid* (N) yang dihasilkan dari

dari pengukuran *GPS*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan dengan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penentuan tinggi *orthmetrik* (H) dengan metode *GPS heighting* dipengaruhi oleh nilai *undulasi geoid* (N) yang dihitung dari *Alltrans EGM 2008*.
2. Hasil penentuan nilai tinggi dari titik BM dan CP dengan metode *gps heighting* dijalan *Jalan Bypass Banjarmasin* memiliki rentang nilai -0.0285 sampai -3.0574 dengan *EGM 2008*. Sedangkan hasil penentuan tinggi *orthometrik* dari situs srgi memiliki rentang nilai -0.009 m sampai -1.627 m.
3. Hasil analisa tinggi *orthometrik* (H) dari beberapa titik BM dan CP membuktikan pengaruh nilai *undulasi geoid* (N) dan tinggi *elipsoid* (h) yang dihasilkan dari pengukuran *GPS*.
4. Metode *GPS heighting* dapat digunakan untuk *alternatif* penentuan nilai tinggi *orthometrik* (H) dengan ketelitian yang cukup teliti.

5.2 Saran

Mengingat keterbatasan data dan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Maka diperlukan beberapa penelitian lanjutan sebagaimana diuraikan dalam saran dibawah ini :

1. Perlu dilakukan kajian lanjutan dengan menggunakan data *undulasi geoid* dari model *Alltrans EGM 2008* dengan grid yang lebih kecil dari 2,5 x 2,5.
2. Perlu dilakukan kajian lanjutan dengan mempertimbangkan ketelitian dari titik tinggi *orthometrik* (H) acuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin,H.Z, 2002, *Survei dengan GPS*, Cetakan ke-2, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Abidin, H.Z., 2007, *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*, Cetakan ke3, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Abidin, H.Z, et al., 2004, Penentuan Tinggi Orthometrik Gunung Semeru Berdasarkan Data Survei GPS dan *Model Geoid EGM Proceeding*. ITB Sains & Teknologi. Vol. 36 A No. 2. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Anjasmara, I. M. 2005, Sistem Tinggi. Pendidikan dan Pelatihan (DIKLAT) Teknis Pengukuran dan Pemetaan Kota. Surabaya.
- Kahar, S. 2007, Diktat Pelengkap Kuliah Kerangka Dasar Vertikal. Penerbit Teknik Geodesi Undip. Semarang.
- Mulyani, A.S, 2015, Analisa Ketelitian Pengukuran Tinggi Dengan Menggunakan Total Station dan Sipat Datar Studi Kasus Daerah Ciloto, Puncak-Jawa Barat.
- Pavlis, N. K., dkk. 2012, *The Development and Evaluation of The Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008)*. *Journal of Geophysical Research* Vol 117, 1-38.
- Ramdani, D. 2013, Penentuan *Model Geopotensial Global* Yang Optimal Untuk Perhitungan *Geoid*, Sumatera
- Rahadi,. Awaluddin, Sabri ,2013. Analisis ketelitian pengukuran baseline panjang gnss dengan menggunakan perangkat lunak GAMIT 10.4 dan Topcon Tools V.5. Skripsi Teknik Geodesi Universitas
- Sai, Silvester. Sari, 2010, Studi Penentuan Tinggi *Orthometrik* Menggunakan Metode *GPS Heighting* Bandara Abdurahman Saleh, Malang.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2011, tentang Informasi Geospasial.

LAMPIRAN

Lampiran A

PENGOLAHAN DATA GPS

1. PENGOLAHAN DATA GPS

PLOT BARU 2528			
Project file data		Coordinate System	
Name:	C:\Users\User\Documents\Proses Base Line\PLOT TITIK BARU\PLOT TITIK BARU 2528.vce	Name:	World wide/UTM
Size:	130 KB	Datum:	WGS 1984
Modified:	7/12/2021 12:01:51 PM (UTC:7)	Zone:	50 South
Time zone:	SE Asia Standard Time	Geoid:	EGM96 (Global)
Reference number:		Vertical datum:	
Description:		Calibrated site:	
Comment 1:			
Comment 2:			
Comment 3:			

Observation	From	T o	Solution Type	H. Prec. (Meter)	V. Prec. (Meter)	Geodetic Az.	Ellipsoid Dist. (Meter)	ΔHeight (Meter)
BM 12 --- BM 13 (B5)	BM 13	BM 12	Fixed	0.014	0.017	5°12'38"	4257.874	-1.698
CBJM --- BM 3 (B57)	CBJM	BM 3	Fixed	0.008	0.058	26°19'03"	9060.267	-5.533
CBJM --- BM 1 (B61)	CBJM	BM 1	Fixed	0.009	0.041	3°43'39"	9942.610	-5.353
CBJM --- BM 8 (B18)	CBJM	BM 8	Fixed	0.007	0.035	72°41'04"	9656.904	-5.413

CBJM --- BM11 (B14)	CBJM	BM11	Fixed	0.019	0.096	108°50'26"	10349.829	-2.877
CBJM --- BM 10 (B20)	CBJM	BM 10	Fixed	0.013	0.097	96°51'22"	9744.791	-4.433
BM 9 --- BM 10 (B32)	BM 9	BM 10	Fixed	0.018	0.093	174°40'20"	2050.564	0.222
BM 8 --- BM 9 (B33)	BM 9	BM 8	Fixed	0.005	0.019	352°24'52"	2013.379	-0.887
BM 5 --- BM 6 (B26)	BM 5	BM 6	Fixed	0.006	0.012	163°39'39"	1737.349	0.007
BM 3 --- BM 4 (B56)	BM 3	BM 4	Fixed	0.008	0.058	114°11'10"	2099.064	1.048
BM 4 --- BM 5 (B37)	BM 4	BM 5	Fixed	0.010	0.020	109°36'21"	1867.189	0.095
BM 10 --- BM11 (B19)	BM 10	BM11	Fixed	0.017	0.097	176°50'17"	2182.343	1.655
BM 2 --- BM 3 (B54)	BM 3	BM 2	Fixed	0.013	0.026	299°11'37"	1815.153	-0.339
BM 1 --- BM 2 (B60)	BM 2	BM 1	Fixed	0.007	0.035	297°07'35"	2006.617	0.488
BM 7 --- BM 6 (B27)	BM 6	BM 7	Fixed	0.007	0.014	176°11'09"	308.327	1.136

Vector					
ΔEasting	3999.170 m	NS Fwd Azimuth	26°19'03"	ΔX	-3843.432 m
ΔNorthin g	8134.529 m	Ellipsoid Dist.	9060.267 m	ΔY	-1254.776 m
ΔElevatio n	-5.791 m	ΔHeight	-5.533 m	ΔZ	8108.222 m

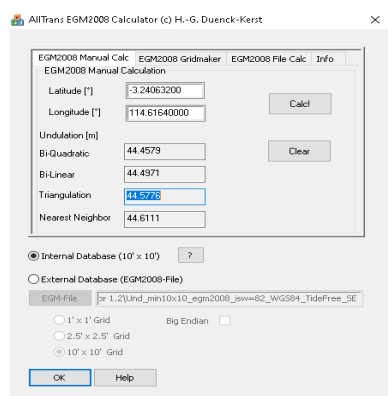
Vector Components (Mark to Mark)

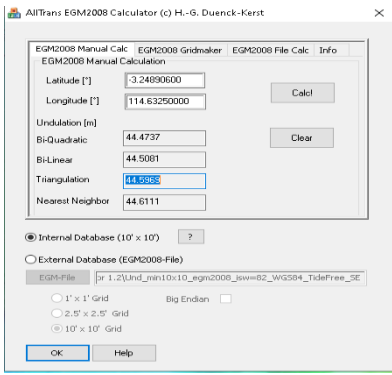
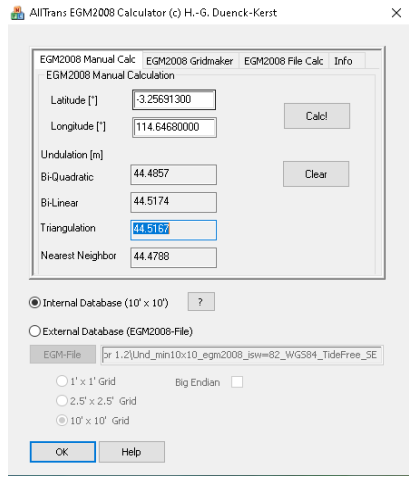
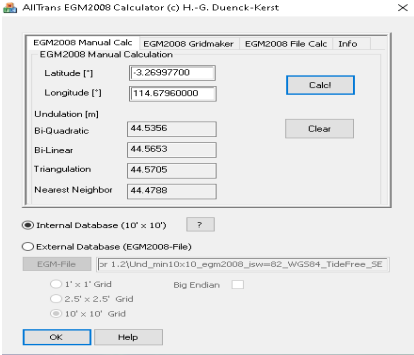
From:	CBJM		
Grid	Lo cal	Global	

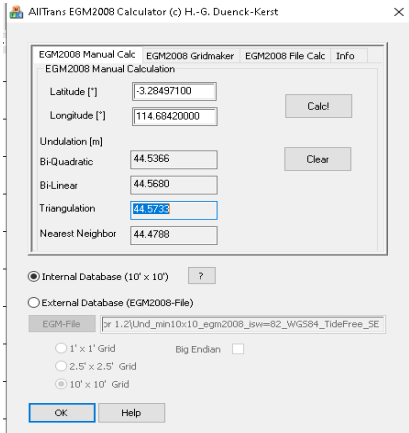
Easting	234491.121 m	Latitude	S3°19'49.28557"	Latitude	S3°19'49.28557"
Northing	9631569.560 m	Longitude	E114°36'38.23958"	Longitude	E114°36'38.23958"
Elevation	6.917 m	Height	50.234 m	Height	50.234 m
To:	BM 3				
	Grid		Local		Global
Easting	238490.291 m	Latitude	S3°15'24.88808"	Latitude	S3°15'24.88808"
Northing	9639704.089 m	Longitude	E114°38'48.34946"	Longitude	E114°38'48.34946"
Elevation	1.126 m	Height	44.701 m	Height	44.701 m

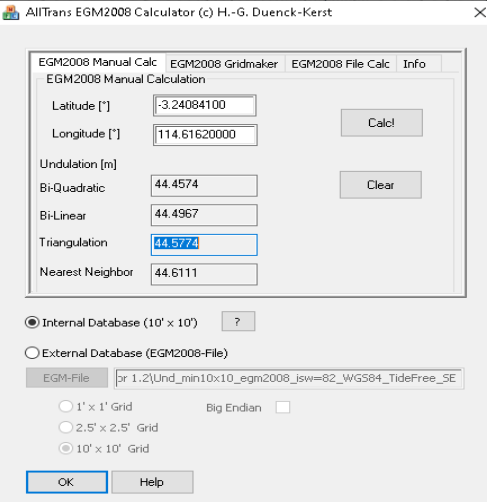
LAMPIRAN B

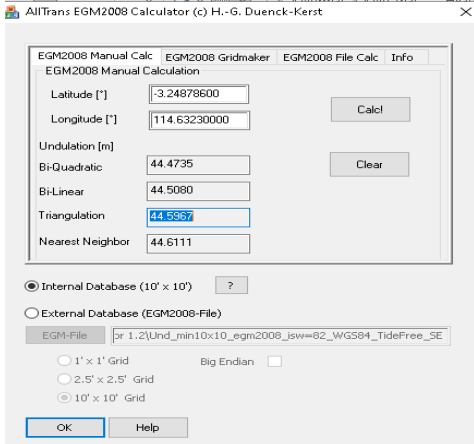
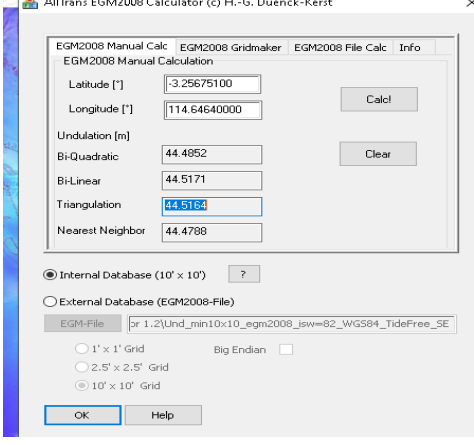
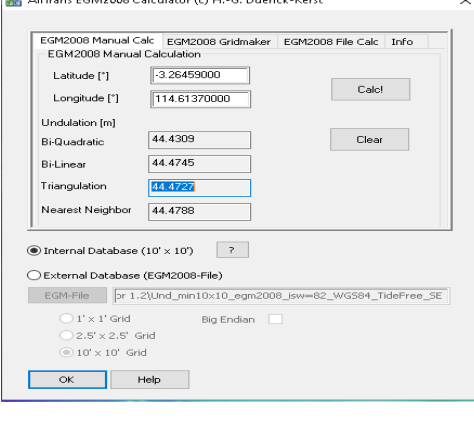
PERHITUNGAN NILAI *UNDULASI GEOID* DENGAN *EGM 2008*

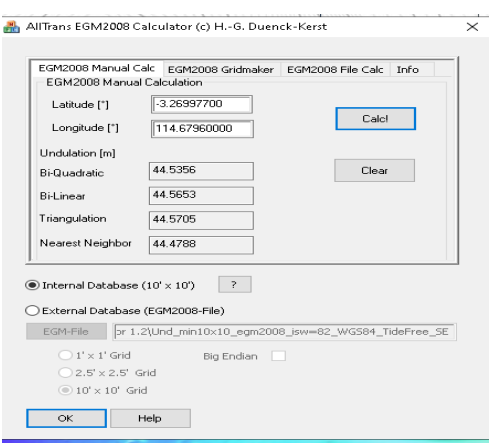
NO	NAMA TITIK	GAMBAR
1	BM 1	

2	BM 2	
3	BM 3	
4	BM 4	

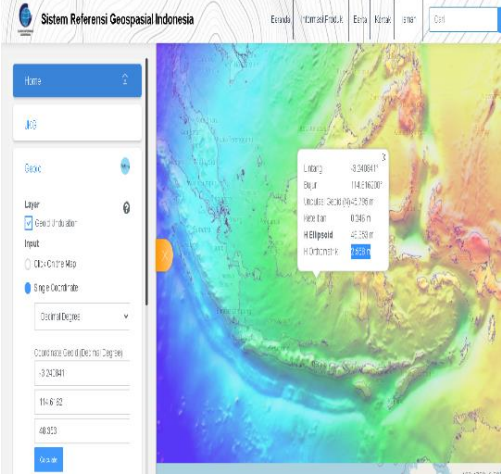
5	BM5	 <p>The screenshot shows the 'AllTrans EGM2008 Calculator' window. The 'EGM2008 Manual Calculation' section is active. The input fields are: Latitude [-3.28497100], Longitude [114.68420000], Undulation [m] [44.5366], Bi-Quadratic [44.5680], Bi-Linear [44.5680], Triangulation [44.4728], and Nearest Neighbor [44.4788]. The 'Internal Database (10' x 10')' option is selected. The 'EGM-File' path is 'pr 1.2\Und_min10x10_egm2008_isw=82_WGS84_TideFree_SE'. Buttons for 'Calc!', 'Clear', 'OK', and 'Help' are visible.</p>
---	-----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

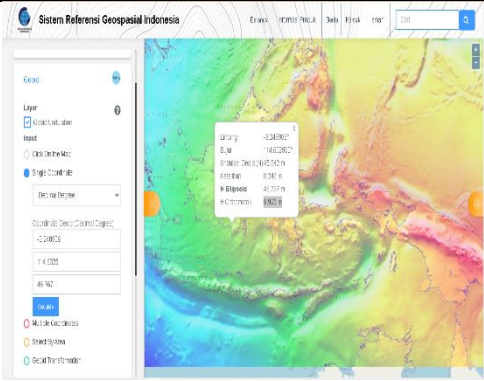
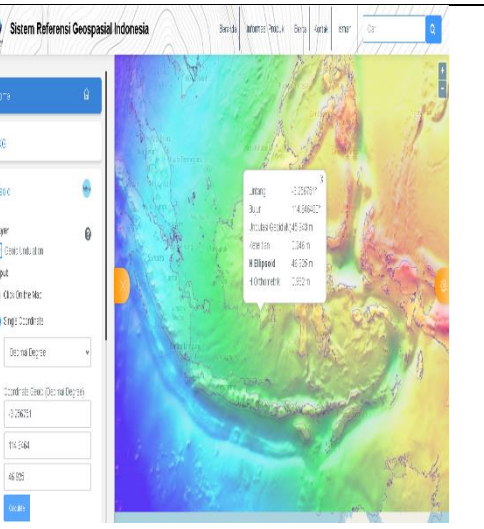
NAMA TITIK	CONTROL POIN CP	GAMBAR
1	CP1	 <p>The screenshot shows the 'AllTrans EGM2008 Calculator' window. The 'EGM2008 Manual Calculation' section is active. The input fields are: Latitude [-3.24084100], Longitude [114.61620000], Undulation [m] [44.4574], Bi-Quadratic [44.4967], Bi-Linear [44.4967], Triangulation [44.5774], and Nearest Neighbor [44.6111]. The 'Internal Database (10' x 10')' option is selected. The 'EGM-File' path is 'pr 1.2\Und_min10x10_egm2008_isw=82_WGS84_TideFree_SE'. Buttons for 'Calc!', 'Clear', 'OK', and 'Help' are visible.</p>

<p>2</p>	<p>CP2</p>	
<p>3</p>	<p>CP3</p>	
<p>4</p>	<p>CP4</p>	

5	CP5	
---	-----	------------------------------------------------------------------------------------

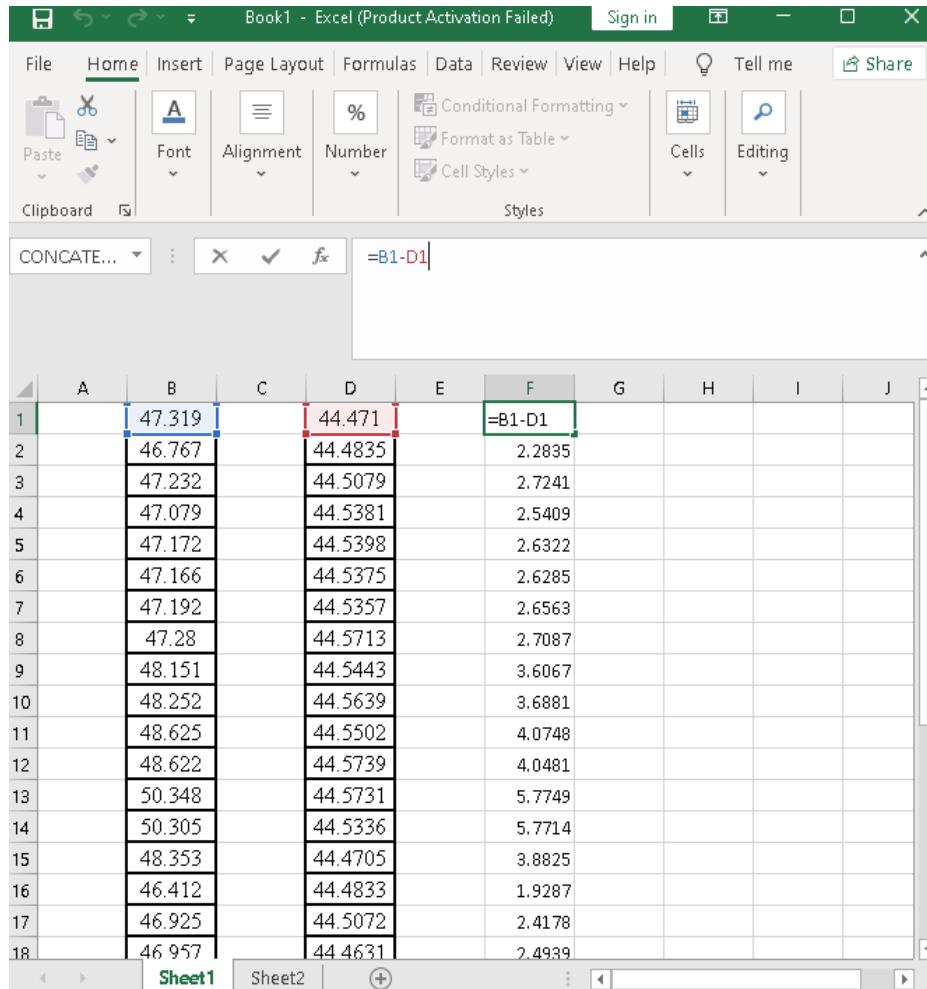
LAMPIRAN C
PERHITUNGAN NILAI NDULASI
DENGAN SITUS SRGI

NO	NAMA TITIK	GAMBAR
1	BM1	

2	BM2	
3	BM3	

LAMPIRAN D
PROSES
PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN EXEL 2013

PENENTUAN TIN



The screenshot displays the Microsoft Excel interface. The title bar reads "Book1 - Excel (Product Activation Failed)". The ribbon is set to "Home", with the "Formulas" tab active. The formula bar shows the formula "=B1-D1". The spreadsheet data is as follows:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		47.319		44.471		=B1-D1				
2		46.767		44.4835		2.2835				
3		47.232		44.5079		2.7241				
4		47.079		44.5381		2.5409				
5		47.172		44.5398		2.6322				
6		47.166		44.5375		2.6285				
7		47.192		44.5357		2.6563				
8		47.28		44.5713		2.7087				
9		48.151		44.5443		3.6067				
10		48.252		44.5639		3.6881				
11		48.625		44.5502		4.0748				
12		48.622		44.5739		4.0481				
13		50.348		44.5731		5.7749				
14		50.305		44.5336		5.7714				
15		48.353		44.4705		3.8825				
16		46.412		44.4833		1.9287				
17		46.925		44.5072		2.4178				
18		46.957		44.4631		2.4939				