

**STUDI PENENTUAN UNDULASI GEOID  
DENGAN MENGGUNAKAN DATA PENGAMATAN GPS**



MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

**BAMBANG SETIAWAN**  
(97.25.044)

**JURUSAN TEKNIK GEODESI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2005**

**STUDI PENENTUAN UNDULASI GEOID  
DENGAN MENGGUNAKAN DATA PENGAMATAN GPS**

**TUGAS AKHIR**

**DIAJUKAN GUNA MEMENUHI PERSYARATAN DALAM  
MENCAPAI GELAR SARJANA S1 TEKNIK GEODESI**

**Oleh:**

**BAMBANG SETIAWAN**

**(97.25.044)**

**MENGETAHUI:**

**DOSEN PEMBIMBING I**



**Ir. RINTO SASONGKO, MT.**

**DOSEN PEMBIMBING II**



**Ir. D.K. SUNARYO, MS. Tis.**

**MENGETAHUI:**

**KETUA JURUSAN TEKNIK GEODESI**



**Ir. D.K. SUNARYO, MS. Tis.**

Dipertahankan didepan Panitia Penguji Tugas Akhir. Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Malang dan diterima untuk memenuhi sebagian dari syarat-syarat guna memperoleh Gelar Sarjana S1 Teknik Geodesi.

Pada hari Sabtu / 26 Maret 2005

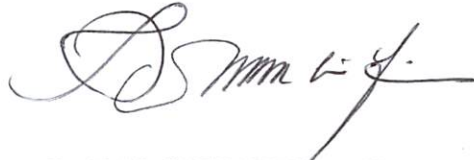
**PANITIA UJIAN TUGAS AKHIR:**

**DEKAN FTSP**



Ir. AGUSTINA NURUL H., MTP

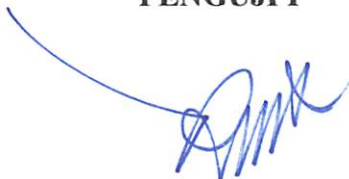
**SEKRETARIS**



Ir. D.K. SUNARYO, MS. Tis.

**ANGGOTA PENGUJI:**

**PENGUJI I**



Ir. RINTO SASONGKO, MT.

**PENGUJI II**



Ir. D.K. SUNARYO, MS. Tis.

**PENGUJI III**



Ir. AGUS DARPONO, MT.

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi dengan judul **“STUDI PENENTUAN UNDULASI GEOID DENGAN MENGGUNAKAN DATA PENGAMATAN GPS”** ini disetujui. Merupakan suatu kebahagiaan tersendiri bagi penulis atas disetujuinya skripsi ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan TERIMA KASIH yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Rinto Sasongko, MT. selaku dosen pembimbing I.
2. Bapak. Ir. D.K. Sunaryo, MS. Tis selaku dosen pembimbing II.
3. Bapak Ir. D.K. Sunaryo, MS. Tis, selaku ketua Jurusan Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Christian T. Siahaan, ST, selaku sekretaris Jurusan Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Bapak Ir. Pradono Joanes De Deo, M.Si, selaku dosen wali.
6. Rekan-rekan seperjuangan dan angkatan '97.

Terlalu jauh skripsi ini dari sempurna oleh karena itu penulis mengharap adanya saran dan masukan yang akan banyak berguna dalam penyusunan tugas akhi. Akan tetapi mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila terdapat sesuatu yang tidak berkenan. Terima kasih.

Malang, April 2005

P e n u l i s

## Special thank's to:

- My Mother in heaven, I hope you rest and peace in there and my pray always for you forever.
- My Daddy, I am sorry if I always disturb you and always asking for some money to finish my study in ITN Malang.
- My Sister's, Dra. Festi Hermawati, Isnaini Susilowati ST, Sri Endah Wulandari ST, Niken Kartika Sari BA, You all always give me spirit to finish my study.
- My Lovely, Kurnia Indrayanti SH, you are a part of my hearth.
- Big Family's, Mr Andi Lukman SH.
- My Friend's, Ricky Adrianto, Deta Fiatmoko, Thomas Haowang, Heridianoor, M Suatif, Fafan Sunarjono, M Ridwan, Hasan and all of my friend's in Geodetic '97.



## **DAFTAR ISI**

**LEMBAR JUDUL**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**KATA PENGANTAR**

**DAFTAR ISI**

**DAFTAR GAMBAR**

**DAFTAR TABEL**

**DAFTAR GRAFIK**

### **BAB I PENDAHULUAN**

I.1. Latar Belakang	1
I.2. Tujuan Penelitian	1
I.3. Batasan Masalah	2
I.4. Faedah Penelitian	2
I.5. Tinjauan Masalah	3

### **BAB II LANDASAN TEORI**

II.1. Prinsip Penentuan Posisi dengan GPS	4
II.2. Tinggi GPS	5
II.3. Tinggi Levelling	12
II.4. Undulasi Geoid	12
II.5. Metode Perataan Parameter	14
II.6. Perencanaan Pemodelan Undulasi geoid	19
II.7. Penghitungan Defleksi Vertikal	23

### **BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN**

III.1. Persiapan	24
------------------	----

III.2. Pengambilan Data Pengamatan GPS dilapangan	30
III.3. Pemrosesan Data Pengamatan GPS	35
III.4. Penghitungan Nilai Undulasi Geoid	45
III.5. Penghitungan Nilai Parameter	47
III.6. Penghitungan Nilai Undulasi Geoid Terkoreksi	48
III.7. Penghitungan Nilai Defleksi Vertikal	48

#### **BAB IV. PEMBAHASAN HASIL**

IV.1. Analisa Data Hasil Penghitungan Nilai Undulasi dengan Metode Least Square Adjustment	49
IV.2. Analisa Hasil Penghitungan Nilai Undulasi Geoid BelunTerkoreksi	50
IV.3. Analisa Hasil Penghitungan Nilai Undulasi Geoid Terkoreksi	52
IV.4. Analisa Perbandingan Hasil Hitungan Nilai Undulasi Geoid Terkoreksi dengan Belum Terkoreksi	53
IV.5. Analisa Perhitungan Nilai Defleksi Vertikal	55

#### **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

V.1. Kesimpulan	56
V.2. Saran	56

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN-LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Prinsip penentuan posisi dengan GPS.	5
Gambar 2.2. Geometri dari ellipsoid.	6
Gambar 2.3. Revolusi ellipsoid.	7
Gambar 2.4. Perbedaan tinggi ellipsoid dengan geoid.	10
Gambar 2.5. Penentuan tinggi oleh GPS.	11
Gambar 2.6. Elevasi.	12
Gambar 2.7. Difrensial undulasi geoid.	13
Gambar 2.8. Pemodelan penghitungan nilai undulasi geoid.	19
Gambar 2.9. Hubungan antara undulasi geoid dengan defleksi vertikal.	23
Gambar 3.1. Penyebaran titik TTG.	30
Gambar 3.2. Pengamatan sesi I.	30
Gambar 3.3. Pengamatan sesi II.	31
Gambar 3.4. Pengamatan Sesi III.	31
Gambar 3.5. Pengamatan sesi IV.	31
Gambar 3.6. Tampilan program SKI 2.3	36
Gambar 3.7. Pembuatan project.	37
Gambar 3.8. Import data dari controller GPS.	37
Gambar 3.9. Import data backup / PCMDA.	38
Gambar 3.10. Menu import untuk data backup / PCMDA.	39
Gambar 3.11. Memasukkan data ke project.	39
Gambar 3.12. Select working area.	40
Gambar 3.13. Pemilihan reference dan rover.	41
Gambar 3.14. Nilai resolusi ambiguity.	41
Gambar 3.15. Pengesetan paramater adjustment.	42
Gambar 3.16. Pemilihan project untuk adjustment.	43
Gambar 3.17. Tampilan proses edit coordinate and class	44
Gambar 3.18. Tampilan proses perataan jaringan.	44



## **DAFTAR TABEL**

Tabel penghitungan nilai undulasi	46
Tabel penghitungan nilai koreksi	48
Tabel penghitungan nilai defleksi vertikal	48
Tabel data hasil pengamatan GPS	49
Tabel data nilai elevasi pada titik TTG	49
Tabel koreksi pada setiap titik yang dihitung nilai undulasinya	50
Tabel nilai undulasi geoid belum terkoreksi	51
Tabel nilai undulasi geoid terkoreksi	53
Tabel perbandingan nilai undulasi sebelum dan sesudah dilakukan perataan	54
Tabel penghitungan nilai defleksi vertikal	55

## **DAFTAR GRAFIK**

Grafik nilai undulasi geoid (N) sebelum dilakukan koreksi	51
Grafik nilai undulasi geoid (N) sesudah dilakukan koreksi	52
Grafik perbandingan nilai undulasi sebelum dan sesudah dikoreksi	54

## **Bab I**

### **PENDAHULUAN.**

#### **1.1. Latar Belakang Penelitian.**

Ketinggian titik yang diberikan oleh GPS adalah ketinggian titik diatas permukaan ellipsoid, referensi dalam hal ini WGS'84. Tinggi ellipsoid ( $h$ ) tidak sama dengan tinggi orthometrik ( $H$ ) yang umum digunakan untuk keperluan sehari-hari yang biasa 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.

Tinggi undulasi geoid ( $N$ ) adalah tinggi permukaan ekuipotensial yang didapat dari perhitungan data tinggi ellipsoid yang didapat dari pengukuran GPS pada suatu titik yang diketahui nilai tinggi orthometrik dari hasil pengukuran sipat datar teliti.

#### **1.2. Tujuan Penelitian.**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari nilai undulasi geoid geometrik pada suatu wilayah tertentu dengan menggunakan data suatu titik (Tugu) yang memuat data tinggi ellipsoid dari hasil pengukuran GPS dan data tinggi orthometrik dari data nilai TTG.

### **1.3. Batasan Masalah.**

Adapun batasan masalah masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data tinggi ellipsoid ( $h$ ), data tinggi orthometrik ( $H$ ) dan data koordinat titik-titik yang akan dihitung nilai undulasi ( $N$ ).
- 2) Daerah kajian yang dipilih sebagai lokasi adalah jalur Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Mojokerto, Propinsi Jawa Timur
- 3) Nilai dari anomali gaya berat dari daerah tersebut tidak diperhitungkan karena dalam penelitian ini yang dipakai adalah metode penentuan undulasi geoid geometrik.
- 4) Penghitungan perataan terhadap nilai  $N$  menggunakan Teknik Hitung Kuadrat Terkecil dengan metode Parameter.
- 5) Undulasi Geoid yang dihasilkan adalah Undulasi Planar Geoid lokal pada daerah tersebut.

### **1.4. Faedah Penelitian.**

Dengan adanya penelitian ini akan diketahui gambaran yang jelas bahwa dalam penentuan undulasi geoid dapat juga ditentukan dengan pengukuran GPS tetapi masih diperlukan data tinggi orthometrik yang didapat dari pengukuran sipat datar, tanpa memperhitungkan anomali gaya berat pada daerah tersebut. Nilai dari  $N$  yang dihasilkan adalah nilai undulasi geoid geometrik.

### **1.5. Tinjauan Pustaka.**

Penggunaan GPS dalam penentuan beda tinggi sangat besar pengaruhnya dalam lingkungan survei pada masa yang akan datang. Bagaimanapun ada beberapa faktor yang harus dimengerti dalam penentuan tinggi dengan GPS diantaranya: akurasi penentuan tinggi dengan GPS berdasarkan referensi ellipsoid sedangkan penentuan tinggi yang biasanya digunakan adalah menggunakan tinggi orthometrik berdasarkan referensi geoid (Rizos, 1996).

Penentuan tinggi dari pengukuran GPS pada permukaan bumi hasil pengukurannya berdasarkan pada bidang ellipsoid tertentu dan secara matematis digambarkan sebagai bidang khayal yang mempresentasikan bentuk bumi. Dalam penentuan undulasi geoid, tinggi ellipsoid masih berkaitan dengan tinggi orthometrik yang mana tinggi orthometrik diukur berdasarkan MSL (Mean Sea Level) atau permukaan air laut rata-rata terhadap daratan (M. Veronneau, 1995).

Dalam penentuan undulasi geoid harus ada BM (Bench Marks) yang diketahui tinggi orthometriknya semacam TTG (Titik Tinggi Geodesi) pada lokasi atau suatu daerah yang digunakan sebagai titik ikat dalam pekerjaan pengukuran beda tinggi atau levelling (Zilkoski, 1990).

## **Bab II**

### **DASAR TEORI.**

Salah satu fungsi ilmu geodesi adalah menentukan nilai undulasi geoid pada suatu daerah tertentu. Undulasi geoid sangat penting untuk merubah beda tinggi dua buah titik yang berpedoman pada permukaan ellipsoid ( $\Delta h$ ) yang di ukur dengan GPS menjadi beda tinggi dua buah titik yang berpedoman pada bidang geoid ( $\Delta H$ ).

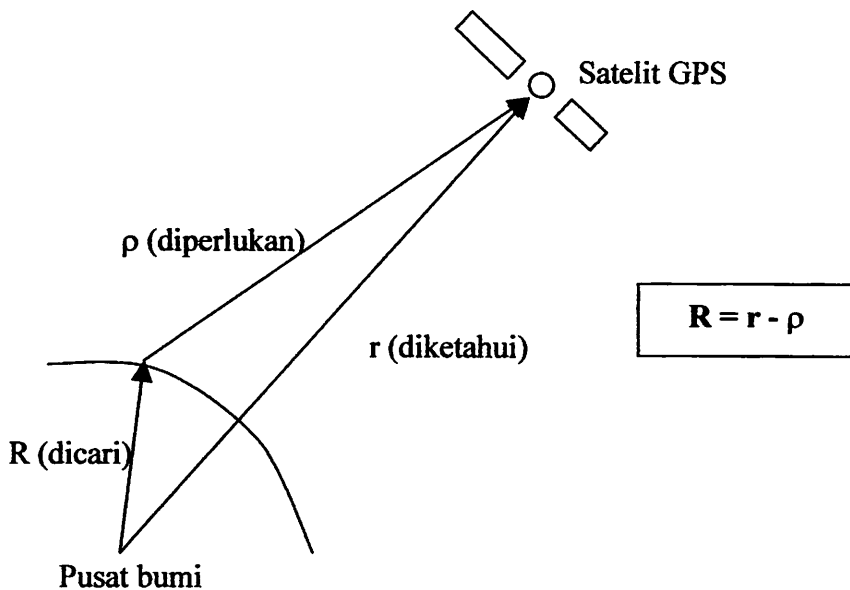
Terdapat banyak metode untuk menentukan nilai dari undulasi geoid, salah satunya **Metode penentuan Undulasi Geoid Geometric atau interpolasi** , yaitu : menunjukkan nilai lokal dari undulasi geoid pada titik yang hanya diketahui nilai tinggi orthometrik dan nilai tinggi ellipsoid dari pengamatan / pengukuran GPS, dengan mengabaikan nilai dari gaya berat (Rizos 1996).

Berikut ini akan dijelaskan secara singkat mengenai konsep penentuan posisi dengan GPS, bagaimana memperoleh nilai tinggi GPS dipermukaan ellipsoid ( $h$ ), penentuan tinggi orthometrik ( $H$ ), undulasi geoid ( $N$ ) serta pemodelan undulasi geoid

#### **II.1. Prinsip Penentuan Posisi Dengan GPS**

Pada dasarnya, konsep penentuan posisi dengan GPS adalah metode *reseksi* (pengikatan ke belakang) dengan jarak, yaitu dengan cara melakukan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui.

Dalam bentuk vektor, prinsip dasar pengukuran posisi dengan GPS diperlihatkan oleh gambar di bawah ini :



**Gambar 2.1 Prinsip Penentuan Posisi dengan GPS**

Pada pengamatan dengan GPS, yang bisa diukur adalah jarak antara pengamat dan satelit, dan bukan vektornya. Maka rumus pada gambar diatas tidak dapat diterapkan. Untuk mengatasinya, penentuan posisi pengamat dilakukan dengan pengamatan terhadap beberapa satelit sekaligus secara simultan. Jarak pengamatan didapat dari sinyal-sinyal yang dipancarkan satelit.

## **II.2. Tinggi GPS ( Tinggi ellipsoid ).**

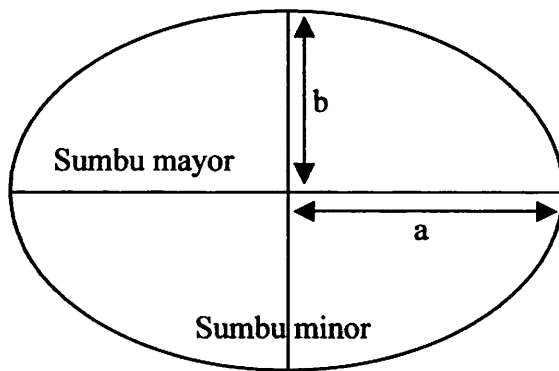
Ketinggian titik yang diberikan oleh GPS adalah ketinggian titik yang berpedoman padapermukaan ellipsoid WGS 1984. Tinggi ellipsoid tersebut tidak

sama dengan tinggi orthometrik yang umum digunakan untuk keperluan praktis sehari-hari yang biasanya diperoleh dari pengukuran sipat data (levelling).

Bentuk bumi direpresentasikan sebagai bidang ellipsoid, karena perputaran bumi maka bentuk bumi diasumsikan terjadi pengepengan pada kutub bumi dan terjadi pengembangan pada equator bumi. Geometri ellipsoid ditunjukkan pada gambar 2.2. Ellipsoid didefinisikan menjadi dua parameter, sebagai contoh: panjang sumbu semimajor (a) dan pengepengan (f). pengepengan juga berhubungan dengan sumbu semiminor (b):

$$f = \frac{a - b}{a} \dots\dots\dots (2. 1)$$

Gambar 2.3. menunjukkan bentuk dari ellipsoid dan gabungan dari sistem koordinat. Koordinat kartesian (u, v, w) mempunyai sumbu perpotongan tepat pada pusat bidang ellipsoid, sumbu w berhimpit dengan sumbu semiminor, u dan v cenderung mengarah menuju equator pada ellipsoid dan sumbu u umumnya mengarah menuju meridian Greenwich.

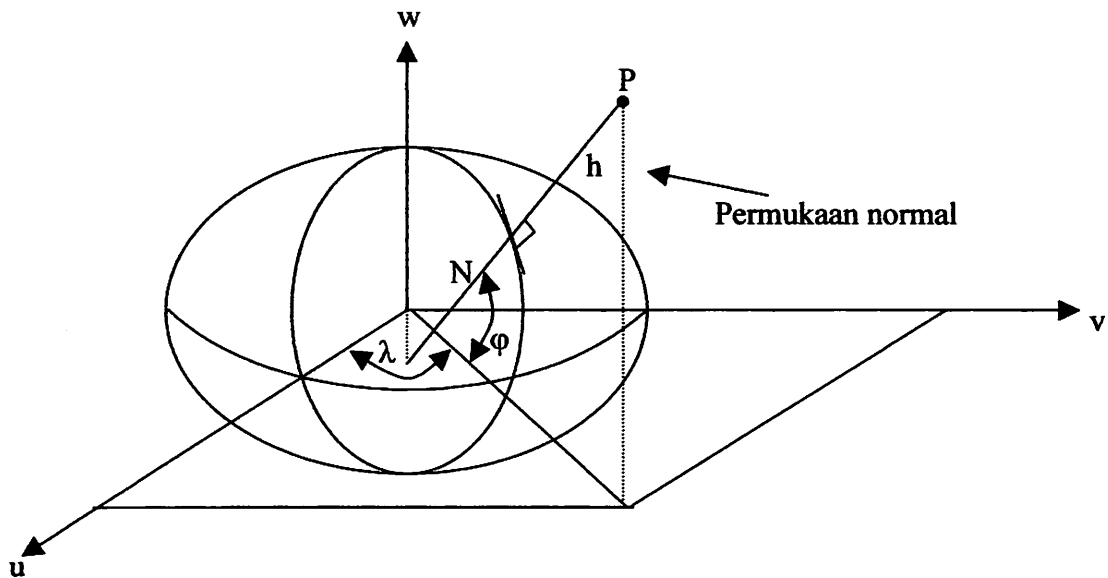


**Gambar 2.2. Geometri dari Ellipsoid**



Tinggi ellipsoid normal pada titik P berpotongan dengan sumbu  $w$  karena perputaran dari ellipsoid. Tetapi tidak mengarah menuju pusat dari sistem koordinat kartesian, karena pengepengan yang terjadi pada ellipsoid. Jarak ellipsoid dari permukaan ellipsoid ke titik P disebut tinggi ellipsoid ( $h$ ).

Sudut yang dibentuk antara tinggi ellipsoid normal dengan bidang equator dinamakan lintang geodetis ( $\varphi$ ) dan perpotongan pada ellipsoid dengan bidang yang berhubungan dengan sumbu  $w$  adalah ellipse disebut tinggi meridian. Bujur geodetis ( $\lambda$ ) ialah sudut yang dibentuk dari tinggi meridian yang dihitung searah jarum jam pada sumbu  $u$ . Dan secara lengkap gambaran dari koordinat geodetis adalah lintang, bujur dan tinggi ellipsoid ( $\varphi, \lambda, h$ ).



**Gambar 2.3. Revolusi Ellipsoid**

Hubungan antara koordinat kartesian (u, v, w) dengan koordinat geodetis ( $\varphi$ ,  $\lambda$ , h) adalah sebagai berikut (Leick 1995):

$$u = (N + h) \cdot \cos \varphi \cdot \cos \lambda \quad \dots\dots\dots (2. 2)$$

$$v = (N + h) \cdot \cos \varphi \cdot \sin \lambda \quad \dots\dots\dots (2. 3)$$

$$w = (N (1 - e^2) + h) \cdot \sin \varphi \quad \dots\dots\dots (2. 4)$$

Yang mana persamaan nilai N dan e adalah:

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \quad \dots\dots\dots (2. 5)$$

Dimana :

N = Nilai jari-jari kelengkungan prime vertikal bumi.

a = Panjang semimajor.

e = Eksentrisitas.

$\varphi$  = Koordinat lintang.

$$e^2 = 2f - f^2 \dots\dots\dots (2. 6)$$

Dari persamaan diatas, persamaan ( 2.1) sampai dengan persamaan (2.3) dapat dihitung sebagai berikut. Nilai bujur ( $\lambda$ ) diperoleh dari persamaan (2.1) dan (2.2), sebagai berikut:

$$\tan \lambda = \frac{v}{u} \quad \dots\dots\dots (2. 7)$$

Dengan intrepetasi geometri dari nilai N, kita dapat melihat kembali gambar 2.3 dan mendapat perumusan sebagi berikut:

$$\tan \varphi = \frac{(N+h) \sin \varphi}{\sqrt{v^2+u^2}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Ini adalah perumusan nonlinier untuk lintang geodetis, persamaan (2.3) dapat ditulis kembali menjadi:

$$(H + h) \sin \varphi = w + e^2 \cdot N \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (2.9)$$

Dan perubahan dari rumus (2.3.7), adalah:

$$\tan \varphi = \frac{w}{\sqrt{v^2+u^2}} \left( 1 + \frac{e^2 N \sin \varphi}{w} \right) \dots\dots\dots (2.10)$$

Dari perumusan diatas (2.9) dapat dimodifikasi dengan pendekatan dari nilai w. Pendekatan pertama, diambil nilai tinggi ellipsoid h = 0 dan gunakan persamaan (2.3) untuk nilai w, jadi persamaannya sebagai berikut:

$$w_{h=0} = N ( 1 - e^2 ) \sin \varphi \dots\dots\dots (2.11)$$

Perubahan persamaan (2.10) dari persamaan (2.9), memberikan solusi untuk mencari nilai lintang geodetis:

$$\tan \varphi_1 = \frac{w}{(1-e^2) \sqrt{v^2+u^2}} \dots\dots\dots (2.12)$$

$\varphi_1$  didapat dari persamaan (2.11), hal tersebut merupakan perubahan bentuk kedua dari persamaan (2.9). Dan didapat nilai yang baru dari nilai  $\varphi$  yang akan dihitung.

Persamaan tinggi ellipsoid mengikuti persamaan (2.7) menjadi (Leick 1995):

$$h = \frac{\sqrt{v^2+u^2}}{\cos \varphi} - N \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

$h$  = Tinggi ellipsoid.

$v$  = Nilai lintang ( dalam sistem koordinat kartesian ).

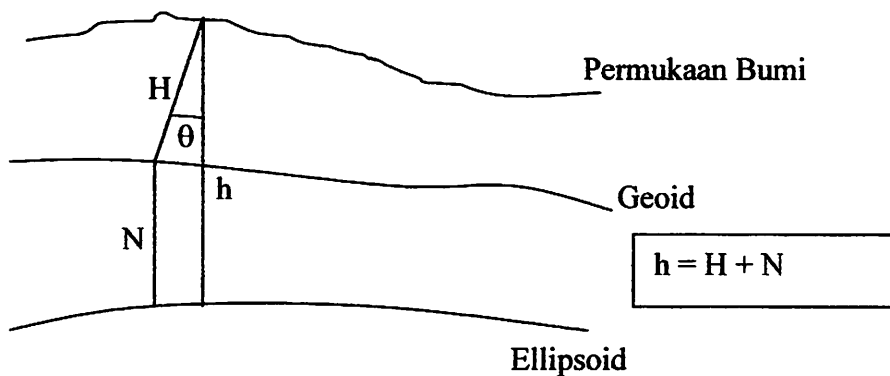
$u$  = Nilai bujur ( dalam system koordinat kartesian ).

$\varphi$  = Nilai lintang ( dalam system koordinat geodetic ).

$N$  = Nilai jari-jari kelengkungan prime vertical.

Dan perumusan diatas dapat menjawab dari mana nilai tinggi ellipsoid ( $h$ ) yang dihasilkan dari pengukuran GPS (Global Positioning Sistem) dimana  $N$  pada persamaan diatas adalah nilai dari jari-jari kelengkungan ellipsoid pada arah vertikal utama.

Pendekatan untuk tinggi ellipsoid dan tinggi geoid dapat digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 2.4. Perbedaan Tinggi Ellipsoid dan Geoid**

Keterangan :

H = Tinggi Orthometrik

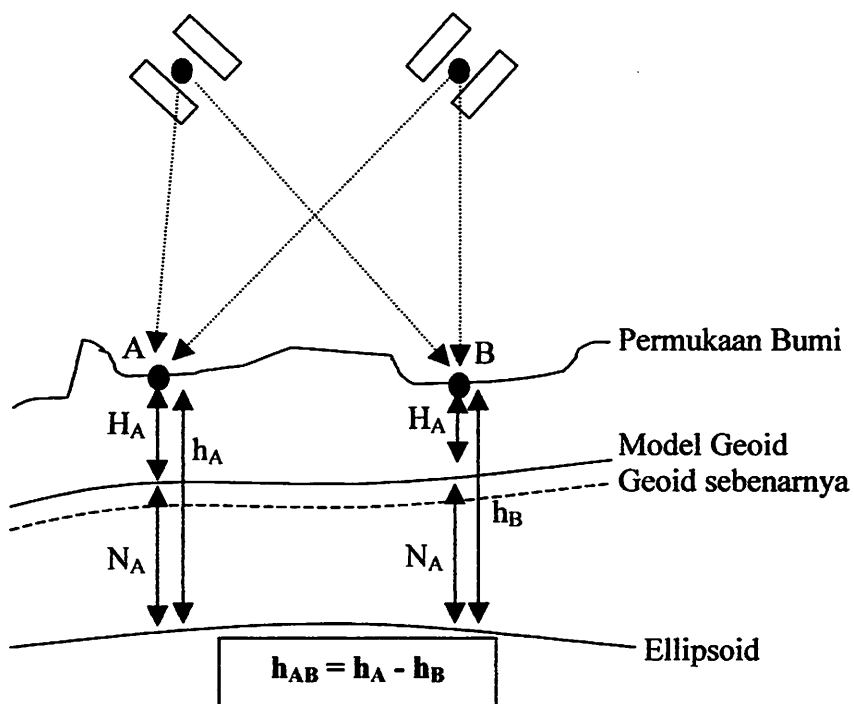
h = Tinggi Ellipsoid.

N = Undulasi Geoid di atas Ellipsoid.

$\theta$  = Defleksi Vertikal ( jika nilainya  $< 30''$  , maka dapat diabaikan )

Rumus diatas adalah rumus pendekatan yang cukup teliti untuk keperluan-keperluan praktis. Karena penentuan undulasi geoid secara teliti bukanlah suatu pekerjaan yang mudah disamping diperlukan data gaya berat yang detail, juga diperlukan data ketinggian topografi permukaan bumi serta data densitas material dibawah permukaan bumi yang cukup.

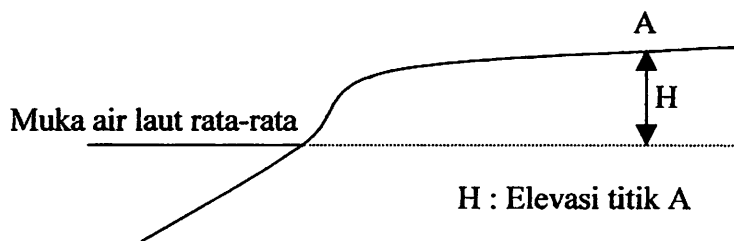
Untuk mendapatkan hasil yang relatif teliti maka penentuan tinggi harus dilakukan secara diferensial positioning.



Gambar 2.5. Penentuan Tinggi Oleh GPS

### II.3. Tinggi Orthometrik.

Tinggi levelling adalah jarak vertikal antara titik dibidang fisis sampai dengan bidang referensi yang ditetapkan dan dihitung sepanjang garis gaya berat yang melalui titik tersebut. Untuk sebuah negara, biasanya muka air laut rata-rata yang biasanya digunakan sebagai bidang referensinya, sedangkan pengukuran lokal sebagai bidang referensinya digunakan suatu bidang menurut perjanjian setempat. Apabila muka air laut rata-rata digunakan sebagai bidang referensi, maka perluasannya kearah daratan disebut geoid. Jarak vertikal yang diukur dari permukaan geoid ke titik tertentu sepanjang garis vertikal yang melalui titik tersebut disebut Elevasi.



**Gambar 2.6. Elevasi**

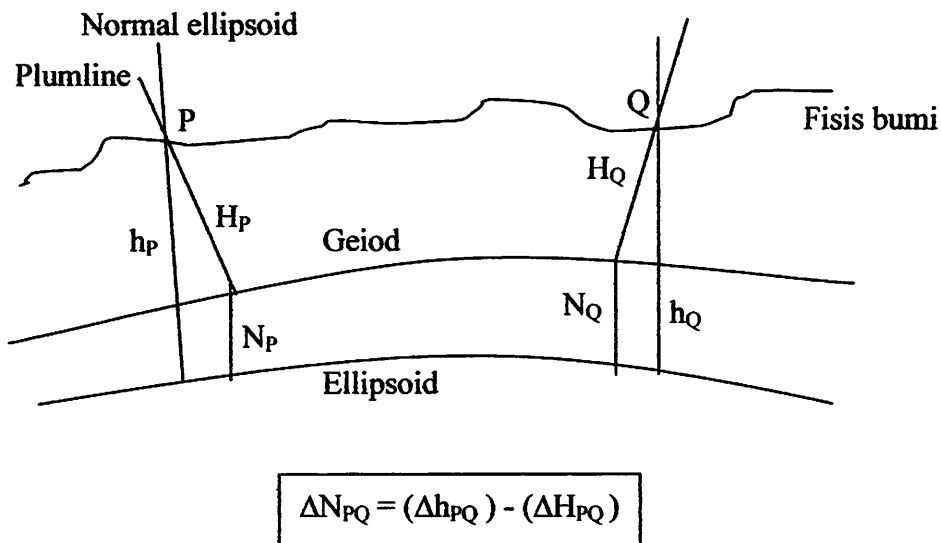
### II.4. Undulasi Geoid.

Definisi dari undulasi geoid adalah perbedaan tinggi antara permukaan bidang geoid dan permukaan bidang referensi ellipsoid pada suatu titik yang diketahui

posisinya. Berdasarkan satelit GPS, hasil yang didapat dari pengamatan berupa posisi dimensi terhadap vektor posisi dua buah titik yang diukur secara akurat.

Komponen horisontal yang didapat dari pengamatan, dapat langsung digunakan sebagai acuan / datum untuk survei jaringan kerangka kontrol horisontal. Namun, komponen tinggi dari hasil pengukuran GPS tidak dapat langsung digunakan untuk pengukuran acuan pada umumnya maupun aplikasi geodesi lainnya.

Pada gambar 2.7., permukaan referensi yang digunakan untuk acuan tinggi adalah tinggi geoid, suatu bidang equipotensial yang berhimpit dengan permukaan air laut rata-rata. Pada kenyataannya yang memisahkan antara permukaan bidang geoid dengan permukaan bidang ellipsoid disebut **Undulasi Geoid (N)**.



**Gambar 2.7 Diferensial undulasi geoid**

**Keterangan :**

$\Delta N_{PQ}$  = Beda nilai undulasi geoid antara titik P dengan titik Q.

$\Delta h_{PQ}$  = Beda tinggi ellipsoid antara titik P dengan titik Q.

$\Delta H_{PQ}$  = Beda tinggi orthometrik antara titik P dengan titik Q.

Beda tinggi ellipsoid ( $\Delta h_{PQ}$ ) didapat dari hasil pengukuran GPS, beda tinggi orthometrik didapat dari hasil pengukuran sipat datar dipermukaan bumi ( $\Delta H_{PQ}$ ). Beda tinggi antara tinggi ellipsoid dan tinggi orthometrik disebut undulasi geoid.

## **II.5. Hitungan Perataan Parameter (Least Square Adjustment).**

Untuk menentukan besaran-besaran yang belum diketahui (parameter) sebanyak  $u$  buah, maka dilakukan penghitungan nilai  $L$  dimana  $n > u$ . dari hasil tersebut dihitung besarnya atau parameter yang baik, yaitu masing-masing hasil ukuran  $L$  ditambah dengan koreksi  $V$ .

### **II.5.1. Persamaan Pengamatan.**

Hubungan linier antara ukuran  $L$  dengan parameter  $X$  yang akan ditentukan, dapat dinyatakan dengan model matematis dalam bentuk matrik sebagai berikut (Leick 1995) :



$$\hat{L} = AX$$

$$\hat{L} = L + V$$

Atau

$$L + V = AX$$

$$V = AX - L \dots\dots\dots (2.14)$$

Persamaan ( 2. 14 ) ini disebut persamaan hitungan dimana:

L = matrik ukuran.

A = matrik koefisien parameter / matrik desain

X = matrik parameter.

V = nilai vektor koreksi / residu.

$\hat{L}$  = pengamatan yang dianggap benar

**II.5.2. Penurunan Persamaan Normal.**

Untuk mendapatkan parameter X dengan  $V^T P V$  minimum ( dimana P dihitung dari matrik berat umuran L ), maka  $V^T P V$  dapat diuraikan sebagai berikut:

$$V^T P V = (AX - L)^T P (AX - L)$$

$$V^T P V = \left[ (AX)^T - L^T \right] ( PAX - PL) \dots\dots\dots (2.15)$$

$$V^T P V = X^T A^T PAX - L^T PAX - X^T A^T PL + L^T PL$$

Dari pernyataan : “ berat suatu ukuran berbanding terbalik terhadap variannya atau  $P = K \cdot \Sigma_L^{-1}$  dimana K adalah konstanta scalar”, maka didapat  $P^T = P$ , sehingga:  $L^T PAX = X^T A^T PL$

Dengan demikian persamaan ( 2. 25 ) diatas menjadi:

$$V^T PX = X^T A^T PAX - 2X^T A^T PL + L^T PL$$

Agar  $V^T PV$  minimum, maka persamaan ini harus dideferensialkan secara parsial terhadap vector parameter X, dimana hasil turunannya adalah sama dengan nol.

$$\frac{\partial V^T PV}{\partial X} = 2 \cdot X^T A^T PA - 2A^T PL = 0 \quad \dots\dots\dots ( 2.16 )$$

didapat:

$$\begin{aligned} X^T A^T PA - A^T PL &= 0 \\ (A^T PA) X &= A^T PL \quad \dots\dots\dots ( 2.17 ) \\ X &= (A^T PA)^{-1} A^T PL \end{aligned}$$

Persamaan ( 2. 17 ) ini merupakan persamaan normal perataan parameter dan disingkat:

$$NX = U$$

Dimana:

$$\begin{aligned} N &= A^T PA \\ U &= A^T PL \end{aligned}$$

Dari persamaan normal diatas, didapat harga parameter X sebagai berikut:

$$X = N^{-1} U = (A^T PA)^{-1} A^T PL \quad \dots\dots\dots ( 2.18 )$$

Pada perataan parameter hasil ukuran L tidak langsung diberi koreksi V, melainkan terlebih dahulu harus menghitung langsung harga matrik parameter X dan kemudian menghitung koreksi ukuran V dengan rumus pada persamaan ( 2. 18 ):

$$V = AX - L$$

### II.5.3. Matrik Variansi Kovariansi Parameter.

Setelah didapat harga parameter X, maka perlu diketahui berapa ketelitian nilai parameter atau dengan perkataan lain berapa harga variansi kovariansi parameternya. Maka untuk itu persamaan (2. 18 ) dapat dinyatakan dalam bentuk matematis sebagai berikut:

$$X = (A^T P A)^{-1} A^T P L$$

$$X = N^{-1} A^T P L$$

$$X = B L \quad \text{dimana} \quad B = N^{-1} A^T P \quad \dots\dots\dots \quad (2.19)$$

Dari bentuk persamaan  $X = B L$ , maka dengan menggunakan hokum kovariansi didapat matrik variansi kovariansinya sebagai berikut:

$$\Sigma_X = B \Sigma_L B^T \quad \dots\dots\dots \quad (2.20)$$

Dan dengan mensubtitusikan harga  $B = N^{-1} A^T P$  dan  $\Sigma_L = K P^{-1}$

Harga K ditentukan oleh hubungan persamaan:

$$V^T P V = (n-u) \cdot K$$

$$\text{Atau : } K = \frac{V^T P V}{n-u} = \partial_0^2 \dots\dots\dots \quad (2.21)$$

Kedalam persamaan ( 2. 20 ), maka akan didapat persamaan dalam bentuk:

$$\Sigma_X = (N^{-1} A^T P) \cdot KP \cdot (N^{-1} A^T P)^T \dots\dots\dots (2.22)$$

dimana kedua matrik P dan N merupakan matrik simetris yang mempunyai sifat:

$$P^T = P$$

$$N^T = N$$

Dan  $(N^{-1})^T = N^{-1}$

Sehingga matrik variansi kovariansi dapat ditulis lagi menjadi:

$$\Sigma_X = (N^{-1} A^T P) K P^{-1} (N^{-1} A^T P)^T$$

$$\Sigma_X = K (N^{-1} A^T P)^T P^{-1} P A N^{-1}$$

$$\Sigma_X = K N^{-1} A^T P \cdot P^{-1} \cdot P A N^{-1}$$

$$\Sigma_X = K N^{-1} (A^T P A) \cdot N^{-1}$$

$$\Sigma_X = K N^{-1} N N^{-1}$$

$$\Sigma_X = K N^{-1}$$

$$\Sigma_X = K (A^T P A)^{-1}$$

maka akhirnya matrik variansi kovariansi dapat ditulis dalam bentuk:

$$\Sigma_X = \partial_0^2 \cdot Q \dots\dots\dots (2.23)$$

dimana:

$$Q = (A^T P A)^{-1} = N^{-1} \dots\dots\dots (2.24)$$

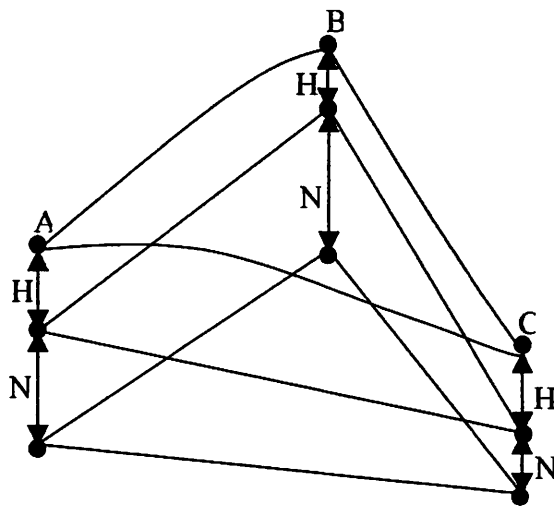
Nilai Q disebut kofaktor atau matrik kofaktor.

## II.6. Pemodelan Undulasi Geoid.

Untuk mendapatkan nilai undulasi geoid yang relatif baik, pada daerah yang kecil dapat ditentukan dengan mengabaikan kesalahan yang signifikan. Pada penelitian yang dilakukan ini untuk daerah yang relatif sempit yaitu diatas 20 km. Keuntungan yang didapatkan dari suatu daerah yang miring adalah dapat dengan mudah dihitung.

Yang dibutuhkan hanya minimal tiga atau lebih titik bench mark yang diketahui nilai dari tinggi orthometrik yang terdistribusi pada lokasi proyek. Tinggi ellipsoid pada titik-titik bench mark harus diukur dengan GPS untuk mendapatkan nilai parameter-parameter untuk menghitung nilai undulasi geoid.

Penjelasan diatas dilukiskan pada gambar 2.8 .



**Gambar 2.8 Pemodelan penghitungan nilai undulasi geoid**

Untuk kasus skala kecil, dibutuhkan tiga buah titik yang diketahui tinggi orthometrik dan nilai tinggi ellipsoidnya seperti gambar diatas. Tinggi orthometrik ( $H_A$ ,  $H_B$  dan  $H_C$ ) diketahui dari pengukuran sipat datar dan nilai tinggi ellipsoid ( $h_A$ ,  $h_B$  dan  $h_C$ ) diketahui dari pengukuran GPS yang telah diratakan. Persamaan yang dihasilkan antara lain:

$$\left. \begin{aligned} N_A &= h_A - H_A \\ N_B &= h_B - H_B \\ N_C &= h_C - H_C \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.25)$$

Persamaan umumnya sebagai berikut:

$$N = aX + bY + c \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana N adalah nilai dari undulasi geoid suatu titik yang diketahui koordinatnya (X,Y) dan a, b dan c adalah parameter yang belum diketahui nilainya. Berdasarkan nilai undulasi geoid tersebut, tiga persamaan dapat ditulis sebagai berikut untuk mencari parameter diatas (Tjahyadi, 2002).

Dalam penelitian ini titik yang akan dihitung nilai undulasi geoid geometriknya adalah sebanyak sepuluh (10) buah titik, adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
N_1 &= aX_1 + bY_1 + c \\
N_2 &= aX_2 + bY_2 + c \\
N_3 &= aX_3 + bY_3 + c \\
N_4 &= aX_4 + bY_4 + c \\
N_5 &= aX_5 + bY_5 + c \dots\dots\dots (2.27) \\
N_6 &= aX_6 + bY_6 + c \\
N_7 &= aX_7 + bY_7 + c \\
N_8 &= aX_8 + bY_8 + c \\
N_9 &= aX_9 + bY_9 + c \\
N_{10} &= aX_{10} + bY_{10} + c \\
N_n &= aX_n + bY_n + c
\end{aligned}$$

Dalam bentuk matrik, persamaan diatas dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ N_4 \\ N_5 \\ N_6 \\ N_7 \\ N_8 \\ N_9 \\ N_{10} \\ N_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \\ X_4 & Y_4 & 1 \\ X_5 & Y_5 & 1 \\ X_6 & Y_6 & 1 \\ X_7 & Y_7 & 1 \\ X_8 & Y_8 & 1 \\ X_9 & Y_9 & 1 \\ X_{10} & Y_{10} & 1 \\ X_n & Y_n & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.28)$$

Pada kasus ini dimana dengan sejumlah (n) titik yang berada dalam wilayah proyek yang diketahui nilai tinggi orthometrik dan tinggi ellipsoid, nilai parameternya dapat dihitung.

Bobot matrik dapat diketahui dari nilai undulasi geoid atau nilainya sama dengan matrik identitas (P), berdasarkan istimasi tersebut yang mengacu pada

ketelitian dari tinggi orthometrik dan tinggi ellipsoid, digunakan untuk menghitung nilai parameter undulasi geoid.

Adapun persamaannya sebagai berikut (Tjahyadi, 2002):

$$X = (A^T P A)^{-1} A^T P L \dots \dots \dots (2. 29)$$

Dan nilai residu yang dihasilkan adalah (Tjahyadi, 2002):

$$V = A X - L \dots \dots \dots (2. 30 )$$

Setelah vektor V dapat dicari, langkah selanjutnya adalah menentukan faktor varian aposteriori dengan data pengukuran (n) dan data parameter (u) yang sudah dicari, adapun rumusnya sebagai berikut, (Tjahyadi, 2002):

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{V^T \cdot V}{n - u} \dots \dots \dots (2. 31 )$$

Sedangkan matrik kovarian dari parameter dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Tjahyadi, 2002):

$$C_X = \hat{\sigma}_0^2 (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \dots \dots \dots (2. 32 )$$

Dari analisa nilai residu yang dihasilkan digunakan untuk membandingkan nilai undulasi geoid dari nilai V sebelum dilakukan perataan. Semakin besar nilai residu yang dihasilkan maka mengindikasikan kualitas dari hasil pengukuran tinggi orthometrik dan tinggi ellipsoid-nya rendah.



**II.7. Penghitungan Defleksi Vertikal.**

Penentuan nilai undulasi geoid berkaitan dengan penghitungan nilai dari sudut vertical. Rumus penghitungan nilai defleksi vertical dari tiap titik-titik yang dihitung adalah sebagai berikut (Vening Meinesz, 1928):

$$dN = - \epsilon ds$$

$$\epsilon = - \frac{dN}{ds} \dots\dots\dots (2.33)$$

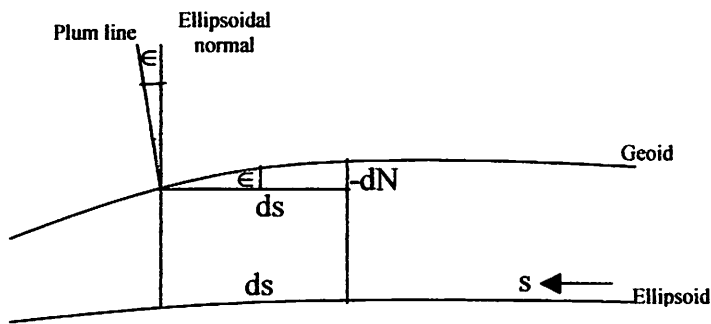
**dimana:**

dN = komponen diffrensial nilai undulasi geoid.

$\epsilon$  = defleksi vertikal

ds = komponen jarak.

Yang ada seperti pada gambar dibawah ini:



**Gambar 2.9 Hubungan antara undulasi geoid dengan defleksi vertikal**

## **Bab III**

### **PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### **III.1. Persiapan.**

Dalam pelaksanaan persiapan penelitian, hal-hal yang perlu dipersiapkan dalam penelitian ini antara lain peta rupabumi dengan skala 1:25.000 sebagai peta acuan untuk pelaksanaan penelitian.

Dalam pekerjaan perencanaan pengamatan GPS, terdapat beberapa parameter yang dapat dijadikan sebagai check point, yaitu meliputi:

##### **1. Peralatan.**

- Receiver GPS (jumlah dan type) lengkap.
- Peralatan meteorologi (optional)
- Peralatan pelengkap (peralatan komunikasi, HT, radio, kendaraan/transportasi, batteray charger)

##### **2. Geometri.**

- Lokasi titik
- Jumlah titik
- Konfigurasi jaringan
- Karakteristik baseline
- Jumlah satelit
- Lokasi dan distribusi satelit

- Mask angle
- Kekuatan geometri
- 3. Strategi pengamatan.
  - Metode pengamatan
  - Waktu pengamatan
  - Lama pengamatan
  - Pengikatan ketitik tetap
- 4. Strategi pengolahan data.
  - Perangkat lunak
  - Pemrosesan awal
  - Eliminasi kesalahan
  - Penentuan baseline
  - Peartaaan jaringan
  - Kontrol kualitas
  - Tranformasi koordianat
- 5. Manajemen dan organisasi pelaksanaan.
  - Jumlah personil
  - Pembagian tugas
  - Tranportasi dan komunikasi
  - Logistik
  - Akomodasi

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Peralatan yang dipergunakan untuk pengumpulan data

☞ Dua set receiver GPS merk Leica dengan perincian sebagai berikut:

- Sensor SR 339 (built in antenna) ..... 4 buah
- Controller CR 333 (Internal Memory 1.024 kb)..... 4 buah
- Tribach dengan centring optis..... 4 buah
- Triporth ..... 4 buah

☞ Peralatan dan bahan tambahan:

- Formulir pengamatan ..... secukupnya
- Sketsa pergerakan pengamatan ..... 1 lembar
- Jas hujan ..... secukupnya
- Transportasi (mobilisasi) ..... 2 buah
- Dan peralatan lainnya seperti senter, plastik krep dan kompas

2. Peralatan yang digunakan untuk pemrosesan data

☞ Perangkat lunak:

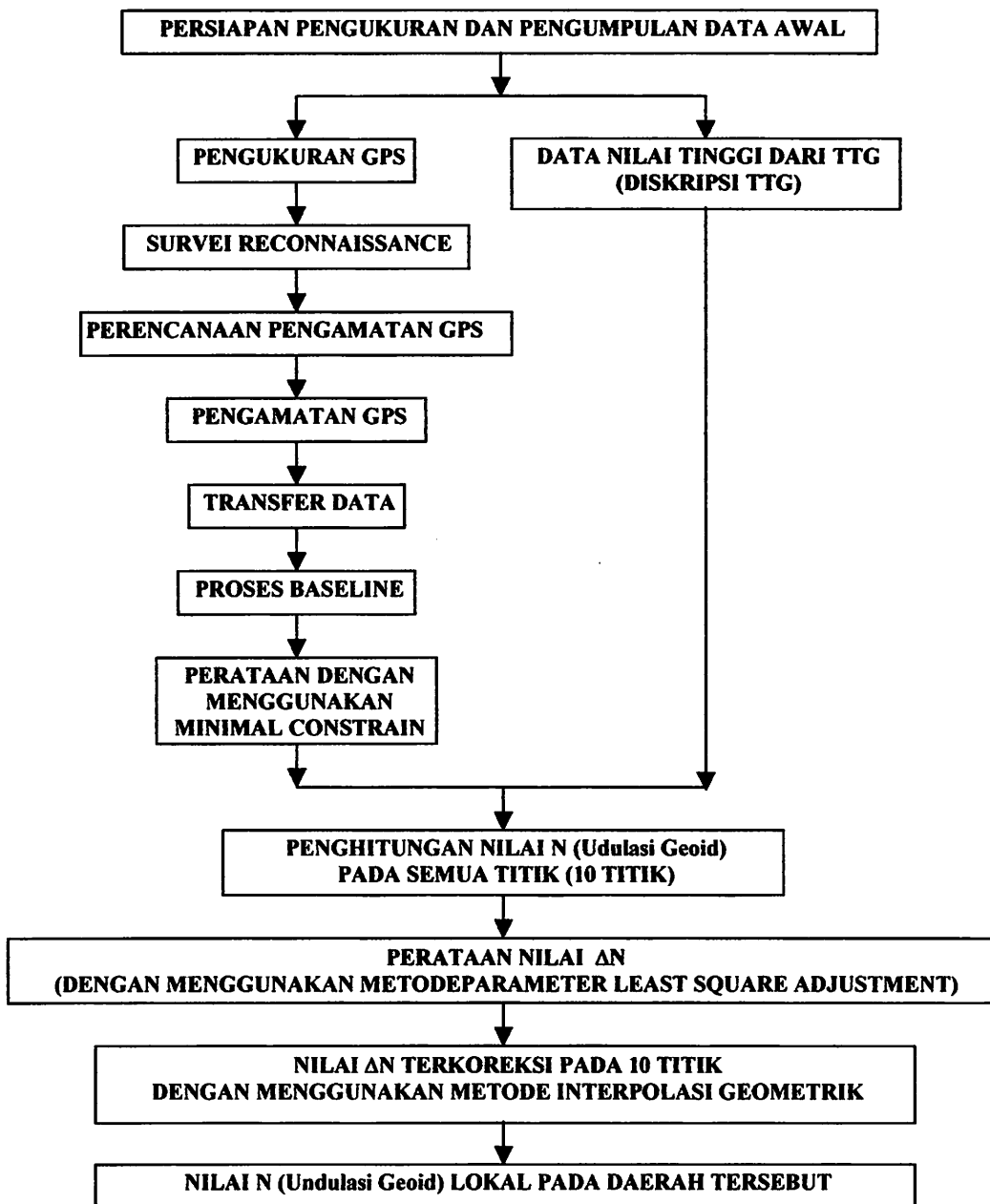
- SKI versi 2.3 + key log
- MS Excel XP
- MS windows XP

☞ Perangkat keras

- Personal computer (PC) Pentium 667 Mhz
- Hard disk 4.3 Gb

- **Memory 128 Mb**
- **Monitor Color 14" GTC**
- **Mouse**
- **Keyboard**

### Diagram Alur Penelitian

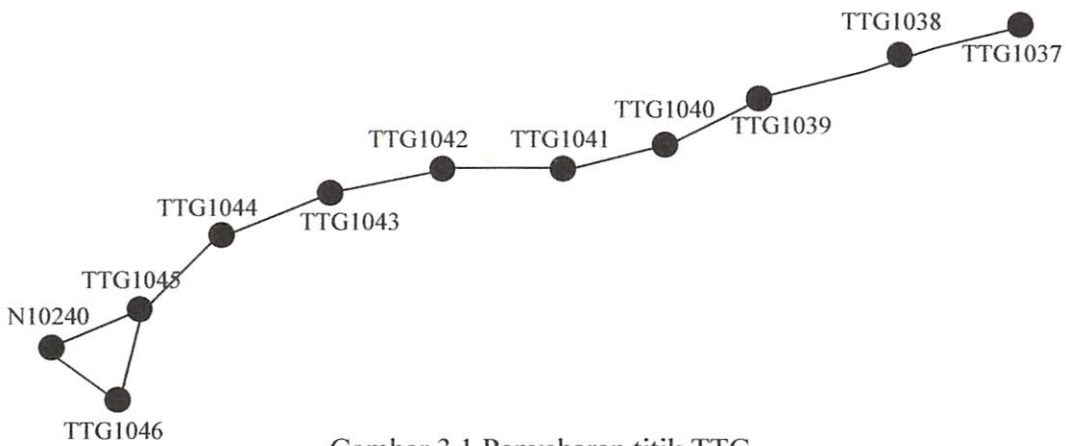


Penjelasan diagram alir:

1. Persiapan pengumpulan data awal berupa peta rupabumi dengan skala 1:25.000 yang digunakan sebagai peta acuan, data diskripsi Titik Tinggi Geodesi (TTG).
2. Survei reconnaissance untuk mencari lokasi titik-titik TTG diatas permukaan bumi yang akan dilakukan pengamatan GPS.
3. Perencanaan pengamatan GPS berdasarkan hasil survei reconnaissance, berupa rencana pengamatan dan mobilisasi.
4. Pelaksanaan pengamatan.
5. Transfer data dari controller GPS ke komputer.
6. Proses pengolahan baseline untuk masing-masing sesi pengamatan.
7. Proses perataan titik dengan menggunakan metode minimal constrain pada hasil pengolahan baseline.
8. Dalam penghitungan nilai N dihitung dari pengurangan nilai tinggi ellipsoid dari hasil pengukuran GPS dengan nilai tinggi orthometrik dari nilai TTG.
9. Penghitungan keseluruhan N dihitung dengan menggunakan Teknik Hitung Kuadrat Terkecil metode Parameter dengan menggunakan persamaan matrik.
10. Setelah dilakukan penghitungan dengan menggunakan persamaan matrik dengan menggunakan Teknik Hitung Kuadrat Terkecil metode Parameter, maka akan didapat nilai dari N terkoreksi.

### III.2. Pengambilan Data Pengamatan GPS dilapangan.

Data didapat setelah di lakukan proses pengamatan dilapangan maupun data yang sudah ada dalam database. Adapun perolehan data didapat menggunakan cara sebagai berikut:

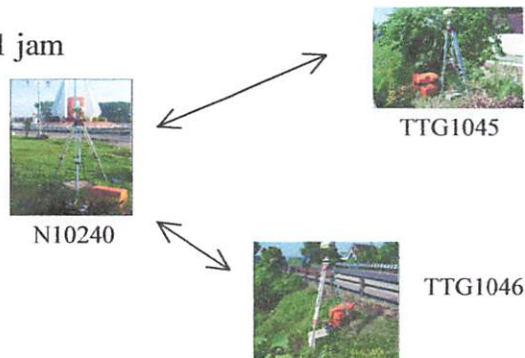


Gambar 3.1 Penyebaran titik TTG

Dari jaringan tersebut diatas dan dengan melihat kondisi lapangan, perencanaan pergerakan receiver untuk mempermudah dalam pelaksanaan pengamatan sangat diperlukan. Dalam penelitian ini pergerakan receiver dibagi dalam 4 sesi, penjelasannya adalah sebagai berikut:

#### Sesi I pengamatan GPS

Lama pengamatan 1 jam

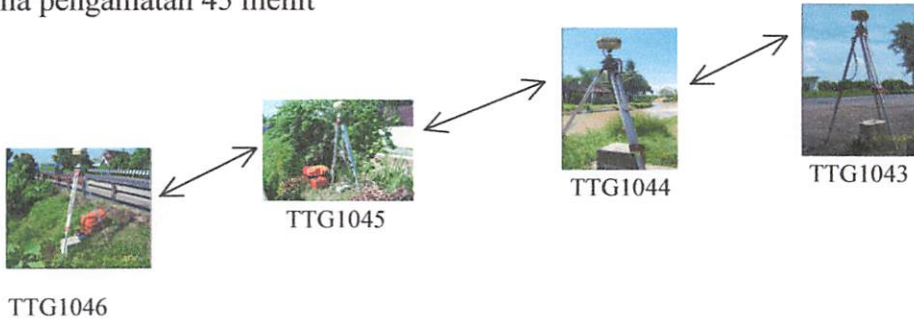


Gambar 3.2 Pengamatan sesi I



**Sesi II pengamatan GPS**

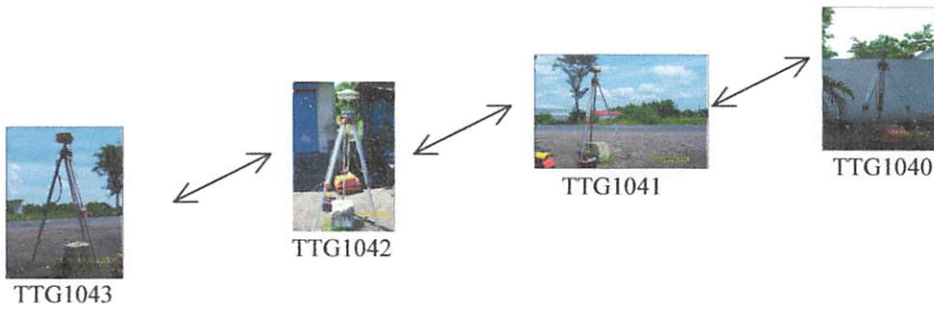
Lama pengamatan 45 menit



Gambar 3.3 Pengamatan sesi II

**Sesi III pengamatan GPS**

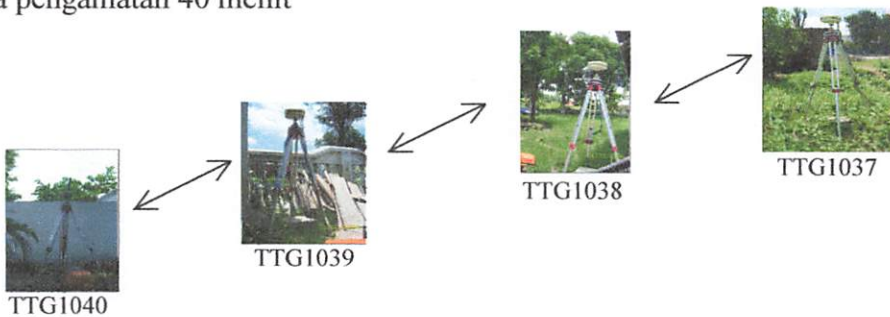
Lama pengamatan 40 menit



Gambar 3.4 Pengamatan sesi III

**Sesi IV pengamatan GPS**

Lama pengamatan 40 menit



Gambar 3.5 Pengamatan sesi IV

Dalam pengumpulan data di lapangan yang harus diperhatikan:

1. Data GPS (mask angle, epoch, jumlah satelit, GDOP dan PDOP)
2. Data pelengkap (jam, antenna offset, height hook, serial number)
3. Data deskripsi lokasi.

Kemudian kegiatan selanjutnya di mulai dengan memasang semua perlengkapan pengamatan seperti controller dan baterai ataupun GPS sensor.

Adapun urutan pekerjaan tersebut adalah:

1. Mengecek tripod, tribach dan antenna (sensor).
2. setelah semua peralatan yang akan dipakai untuk proses pengamatan diperiksa kondisinya, kemudian langkah selanjutnya adalah memasangkabel sensor-controller dan kabel power-sensor.
3. kemudian menghidupkan controller : Tekan tombol **ON**, muncul tampilan **GPS SYSTEM 300** → Tekan **Enter**, muncul tampilan **Main Menu** → sorot menu **Status** → Tekan tombol **F1** → Sorot **Display** → Tekan **F1** → Sorot **Baterai** → Tekan **F1**, muncul kondisi isi baterai yang berupa tanda **\*\*\*\*\***
4. Membuat **MISSION** pada controller dimaksudkan untuk meberikan tempat bagi data hasil pengamatandi internal memori dan penyusunan database lebih lanju. Adapun langkah-langkah kerja pembuatan mission adalah sebagai berikut

No	Tampilan layar	Yang dilakukan / keterangan	Tekan tombol
1		Hidupkan Controller CR333	On
2	[0000] MAIN MENU	Pilih MISSION	CONT/F1
3	[0100] MISSION	Pilih Mission Code :STSDEF Type:STS	COPY/F3
4	[0130] COPY MISSION	Isikan :	

		Target : mis = STSITN Type :STS Nama Mission : Tugas Akhir	CONT/F1
5	[0100] MISSION	Pilih Nama /Code Mission yang baru dibuat STSITN Nama Mission STS	EDIT/F4
6	[0100] MISSION	Sensor Connected ? (Y/N)	N (no)
7	[1000] CURRENT MISSION	Berisi keterangan secara global Mission Code :STSITN Type :STS Mission Name : Nama misson LastMod : 1 Feb 2005 Data device : < Internal> free : [895 KB]	CONT/F1
8	[1000] CURRENT MISSION	Display panel : YES	CONT/F1
9	[1002] SELLECT PROJECT/JOB	(Lewati saja)	CONT/F1
10	[1021] OPERATION	Type : STATIC KINEMATIK	CONT/F1
11	[1021] OPERATION	Display panel : YES	CONT/F1
12	[1005] INITIAL POSITION	Pilih : LAST FIX	CONT/F1
13	[1005] INITIAL POSITION	Display panel : YES	CONT/F1
14	[1006] SET SATELLITE TRACKING CONTROL	Health and L2 mode : AUTO Minimum Elevation : 15 deg	CONT/F1
15	[1006] SET SATELLITE TRACKING CONTROL	Dispaly Panel : YES	CONT/F1
16	[1101] SET DATA COLLECTION PARAMETERS	Compacted or Sampled :COMPACTED Obs Rate Static :15 sec	CONT/F1
17	[1101] SET DATA COLLECTION PARAMETERS	Dispaly Panel : YES	CONT/F1
18	[1103] SET STOP-GO PAARMETER	Baseline approx : 10 Km Stop at 10% :N Max Recerding Time : 60 min Stop at Max Time : N	
19	[1103] SET STOP-GO PAARMETER	Dispaly Panel : NO	CONT/F1
20	[1104] SET POINT ID PARAMETER	Point Id Template :****NNN***** Point Number Start/ End Pos : 4/6 Point Number Increment :1 Use Auto Incremsnt : YES Cursor Start Position :4	SET /F2 CONT/F1
21		Store new mission parameter ? (Y/N)	Y (yes)
22	[0100] MISSION		ESC
23	[0000] MAIN MENU		OFF

#### 5. Membuat **PROJECT** dan **JOB** pada controller.

Adapun langkah-langkah pekerjaannya sebagai berikut:

No	Tampilan layar	Yang dilakukan	Tekan tombol
1		Hidupkan Controller	On
2	[0000]MAIN MENU	Pilih SELECT/ENTER	Cont/F1

3	[0600]SELECT/ENTER	Pilih PROJECT	Cont/F1
4	[0610]Select/enter Project 1/2		ADD/F6
5	[0610]Select/enter Project 1/2	Isikan Nama Project : ITN Code list : kosongkan (u/ RT-SKI) Trasf set : kosongkan (u/ RT- SKI)	STRORE/F2 CONT/F1
6	[0600]SELECT/ENTER	Pilih JOB	CONT/F1
7	[0620]select/Enter Job	Isikan jon name : Praktikum GD18 Operator : Bambang dan kawan-kawan	ADD/F6 STRORE/F2 CONT/F1 ESC
8	[0000]MAIN MENU		

6. Adapun pengisian diatas selesai maka proses pengamatan bias mulai dengan terlebih dahulu mengisikan nama titik pada **POINT ID**, tinggi alat pada Healt Reading mengisikan nilai sebesar 0.441. Adapun langkah-langkahhnya sebagai berikut:

No	Tampilan layar	Yang dilakukan/ keterangan	Tekan tombol
1		Hidupkan Controller CR333	On
2	[0000] MAIN MENU	Pilih MISSION	CONT/F1
3	[0100] MISSION	Pilih Mission Code : STSITN Type :STS Nama mission	
4	[1000] CURRENT MISSION	Berisikan keterangan secara global Mission Code :STSITN Type :STS Mission Name : Nama mission LastMod :3 Nov 1999 10.55 Data device : < Internal> free :[895 KB]	CONT/F1
5	[1000] CURRENT MISSION	Please Wait! (berkedip)	CONT/F1
6	[1002] SELLECT PROJECT/JOB	Project : ITN Active Job : KONTROL Code List : (none) Tranf Set : (none)	
7	[1021] SET Opertaion	Type : STATIC KINEMATIK	CONT/F1
8	[1005] SET Initial Position	Last Fix Lat : 7 57 29,2900 S User Input Lon:112 36 43,6686 E 0 0 0,0000 N Hgt : 529,88 m 0,00 m LAST FIX	CONT/F1
9	[1006] SET SATELLITE TRACKING CONTROL	Health and L2 mode : AUTO Minimum Elevation : 15 deg	CONT/F1
10	[1101] SET DATA	Compacted or Sampled :COMPACTED	

	COLLECTION PARAMETERS	Obs Rate Static :15 sec	CONT/F1
11	[1101] SET DATA COLLECTION PARAMETERS	Please Wait! (berkedip)	
12	[1110] SURVEY :STS M[STSITN (Isikan Pt Id : Nomer Titik) (isikan Ht Reading : bacaanketinggian antenna dengan height hook) (Isikan Ant Offset : sesuai type antenna)	Point Id :- 001                      Code: Ht Reading : 1.450 (misal)    Ant Offset :0.389 Epoch : 0 Status : 6/7 of 8 GDOP : 2.5    891 KB (bila sudah terdapat angka GDOP dan sesuai dengan waktu mulai pengamatan)	MEAS/F1
13	[1110] SURVEY : STS	Measuring – check your input ( maka nilai epoch akan bertambah setiap 15 detik)	

7. Setelah waktu pengamatan untuk pengambilan data data pada suatu titik dalam satu jaringan selesai, maka langkah-langkah dalam proses perekaman data. Adapun langkah-langkah dalam proses perekaman data adalah sebagai berikut:

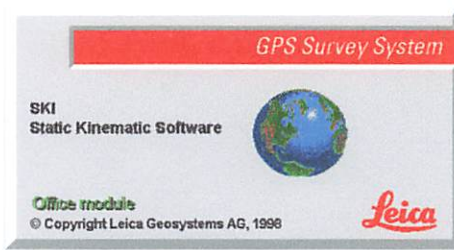
No	Tampilan layar	Yang dilakukan/ keterangan	Tekan tombol
14	[1110] SURVEY : STS		STOP/F1
15	[1110] SURVEY : STS	Stop Measuring (Y/N)	Y (Yes)
16	[1110] SURVEY : STS	Rekam Datanya (check nomor titik ,tinggi ant)	REC-PT /F1
17	[1110] SURVEY : STS	Keluar dari mission	EXIT- M/F2
18	[1110] SURVEY : STS	Exit mission ? Sure ? (Y/N)	Y (Yes)
19	[0000] MAIN MENU	Matikan	OFF

### III.3. Pemrosesan Data Pengamatan GPS.

Setelah proses pengumpulan data selesai dilakukan, maka proses selanjutnya adalah mentransfer dari controller ke komputer. Adapun langkah-langkah import data dari internal memory (pada controller) ke PC adalah sebagai berikut:

1. Menghidupkan komputer dan masuk ke Program Group SKI. Klik 2x Icon SKI 2.3 pada program Group SKI. Sehingga muncul tampilan:





Gambar 3.6 Tampilan program SKI 2.3

2. Memasang kabel baterai-controller pada output soket dan input soket controller.
3. Memasang kabel lemo O-RS232 pada soket output controller dan port COM  $\frac{1}{2}$  CPU.
4. Membuat Project pada SKI 2.3 untuk masing-masing sesi pengamatan caranya adalah:

Klik **Project** → klik **Manager** → klik **New**, muncul dialog box Create new project, isikan:

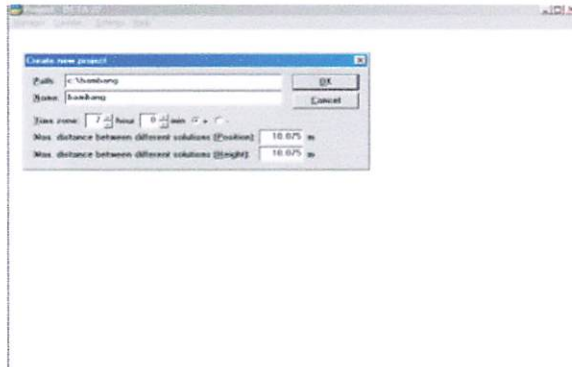
Path            **C:\Tugas Akhir**

Name           **Bambang**

Time Zone     **7**

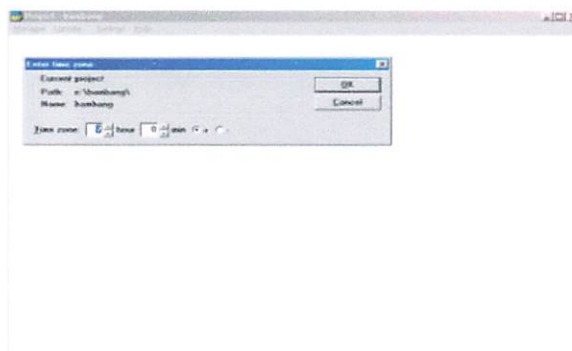
Klik **OK**

Seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.7 Pembuatan Project

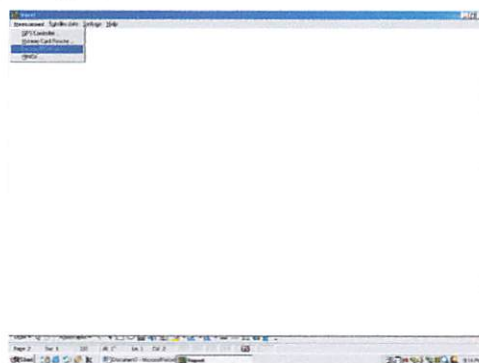
5. Menghidupkan controller, muncul tampilan **SYSTEM 300** → Tekan tombol F1, muncul tampilan **Main Menu** → Sorot Transfer → Tekan F1, muncul pernyataan '**Waiting to connect**'.
6. Mengimport data dari SKI Versi 2.3 caranya:
  - Klik **Import** → klik **Measurment** → klik **GPS controller**.
  - Selanjutnya akan muncul dialog box seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.8 Import data dari GPS Controller

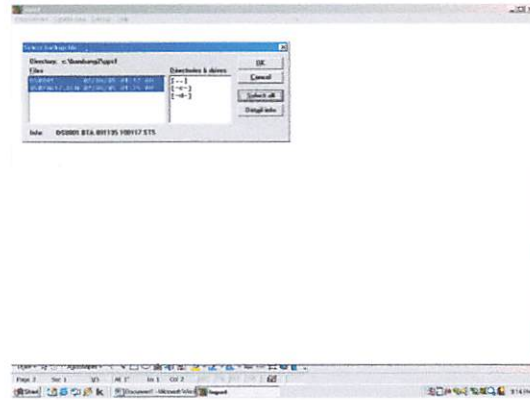


- Setelah transfer di controller siap, kemudian klik OK pada dialog message dan proses akan berjalan. Langkah import data diatas sama untuk tiap sesi pengamatan. Buka project yang sudah dibuat dan telah terisi job data pengukuran untuk mengolah data masing-masing sesi guna proses lebih lanjut.
7. Jika menggunakan data yang diambil dari format data Backup/PCMDA. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:
- Masuk ke dalam program group SKI 2.3, caranya dengan klik 2x icon yang menunjukkan program SKI 2.3.
  - Terlebih dahulu kita membuat nama 'project' untuk menampilkan data yang nanti akan kita import dari data Backup/PCMDA, caranya : klik menu Project pada menu group SKI, kemudian kita isikan nama project sesuai dengan rencana.
  - Klik menu import → klik Measurment → klik Backup/PCMDA, kemudian keluar tampilan yang mana kita harus tahu sebelumnya terletak dalam direktori mana data Backup/PCMDA yang akan kita cari seperti pada gambar dibawah ini:



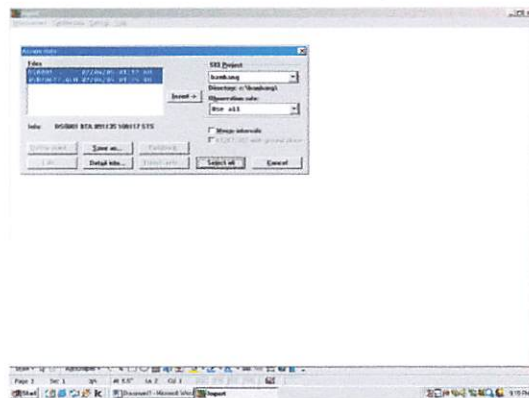
Gambar 3.9 Import data backup/PCMDA

- Kemudian select salah satu direktori → klik select All → kemudian kita akan tanya jenis gelombang pembawa yang diperlukan → kita pilih P codelalu klik OK.



Gambar 3.10 Menu import untuk data backup/PCMDA

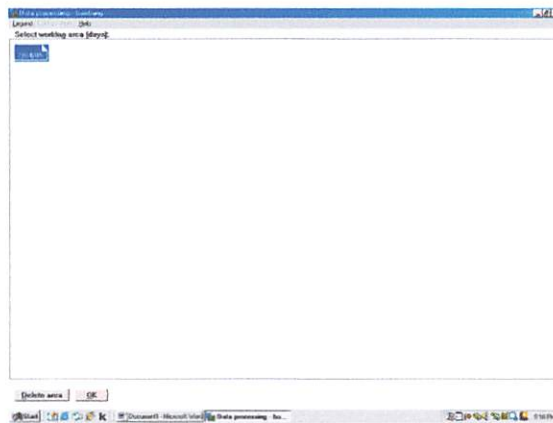
- Lalu akan keluar menu yang menyatakan bahwa direktori yang kita pilih sudah siap untuk dimasukkan ke dalam project yang telah kita buat sebelumnya.
- Kemudian klik select all → klik insert, dengan begitu data backup/PCMDA yang kita inginkan sudah masuk ke dalam project yang akan dibuat sebelumnya. Seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.11 Memasukkan data ke project

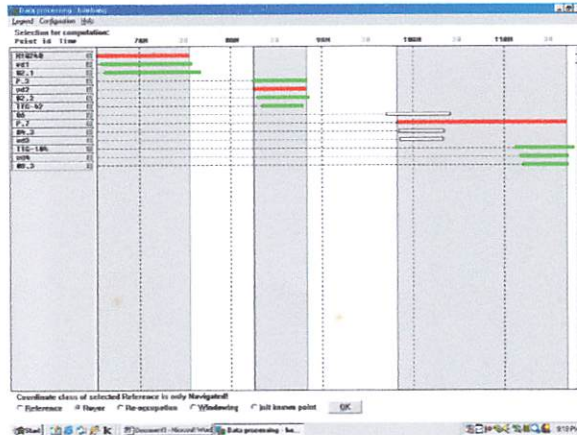
8. Proses baseline, pada proses ini pengolahan data dilakukan tanpa adanya pengurangan data sedikitpun dan pengolahan data dapat dilakukan pada semua baseline. Adapun langkah-langkah kerjanya sebagai berikut:

- Klik Data Processing pada menu group SKI.
- Klik data pada select working area (days), kemudian data akan tampil terblok seperti pada gambar dibawah ini:



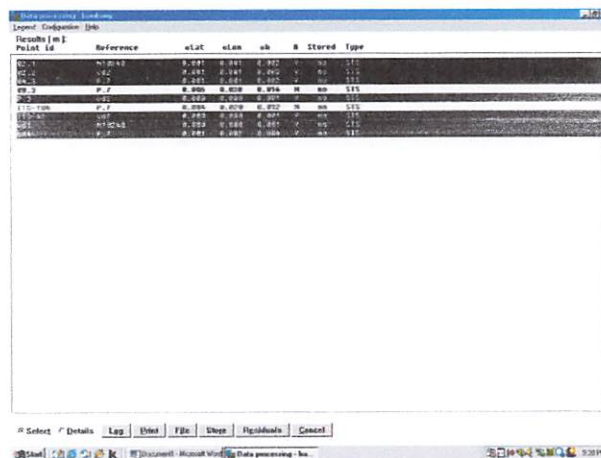
Gambar 3.12 Select working area

- Klik Ok, kemudian akan tampil data waktu pengamatan berupa batangan putih.
- Klik Reference untuk menentukan titik mana yang akan dijadikan sebagai acuan.
- Klik Rover untuk menentukan titik yang akan berfungsi sebagai titik yang akan ditentukan posisinya. Seperti pada gambar dibawah ini:



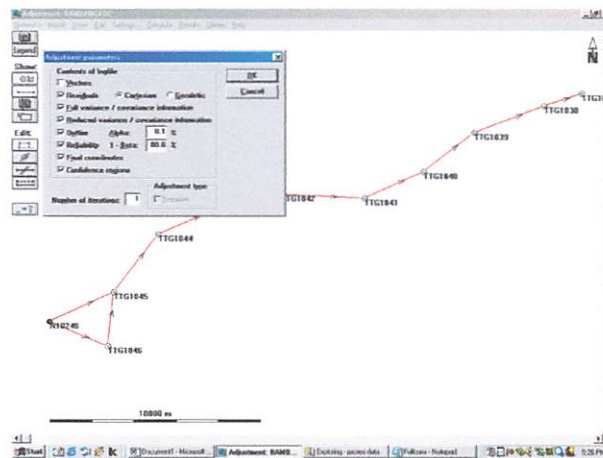
Gambar 3.13 Pemilihan Reference dan Rover

- Setelah proses penentuan Reference dan Rover selesai, klik OK untuk memerintahkan supaya software segera melaksanakan proses perhitungan, kemudian akan muncul nilai Resolution Ambiguity. Seperti pada gambar dibawah ini



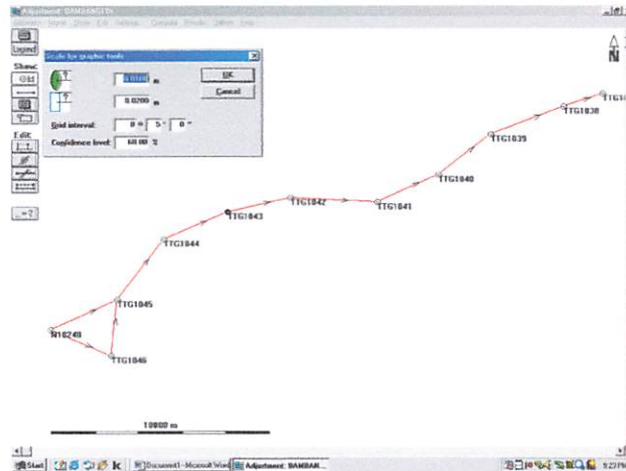
Gambar 3.14 Nilai Resolution Ambiguity

- Jika nilai dari Resolution Ambiguity NO, maka lakukan proses koreksi sampai didapatkan nilai Resolution Ambiguity YES.
  - Kembali ke Manual, lakukan langkah-langkah diatas untuk proses pengolahan baseline dalam satu project. Begitu untuk proses pengolahan baseline berikutnya.
9. Proses peratan jaringan (adjustment), dalam pelaksanaan penelitian ini metode yang dipakai adalah metode **Minimal Constraint**. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:
- Memilih menu **Adjustment** pada main SKI.
  - Pilih menu Import, kemudian akan keluar dialog box import observastion from SKI project, lalu set parameter yang akan di adjustment, seperti pada gambar dibawah ini:



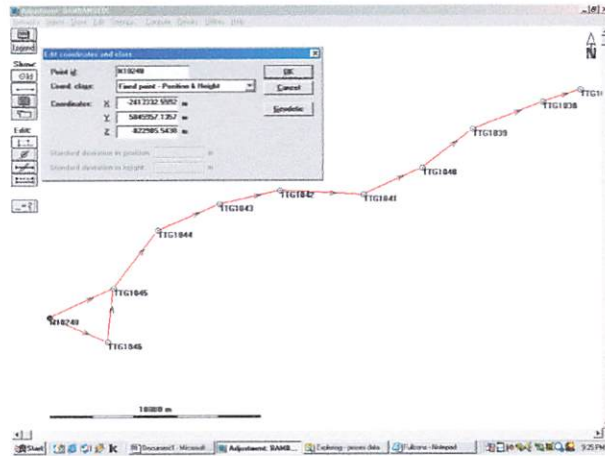
Gambar 3.15 Pengesetan parameter adjustment

- Pilih Project misal Bambang dari hasil proses garis baseline yang ada dalam database SKI. Kemudian akan keluar tampilan titik-titik dari hasil proses perhitungan baseline yang sudah membentuk jaring.



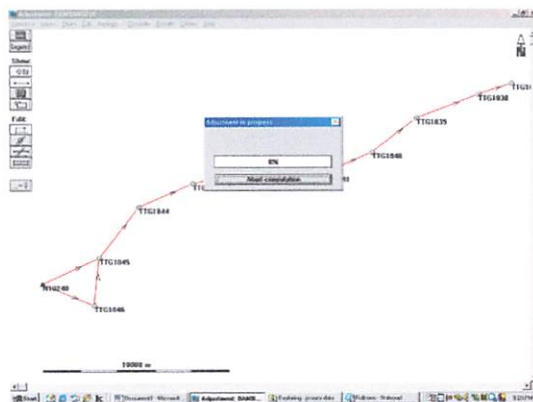
### 3.16 Pemilihan project untuk adjustment

- Karena jaring diatas menggunakan titik tetap maka proses perataan jaring terlebih dahulu memasukkan koordinat titik ikat yang dipergunakan dengan cara pilih edit → klik coordinate → akan muncul dialog box edit coordinate and class → pilih pada coord. Class perintah Fixed point-Position & Height → masukkan nilai koordinat titik ikat yang dipergunakan pada jaring diatas seperti pada gambar dibawah ini:



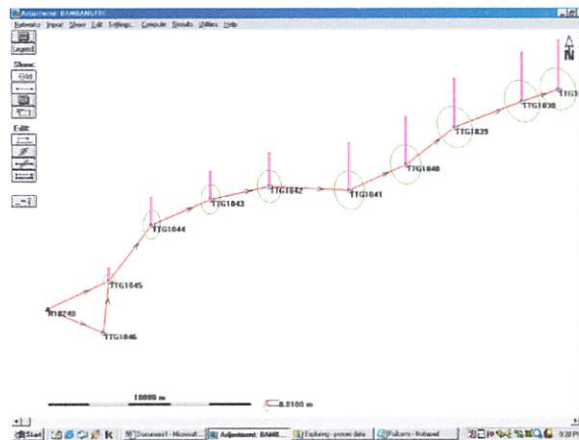
Gambar 3.17 Tampilan proses edit coordinate and class

- Setelah proses pemasukan nilai koordinat titik ikat yang dipergunakan selesai, proses selanjutnya adalah proses perhitungan perataan kesalahan dengan cara meng-klik menu **Compute**, lalu setelah itu pada layar monitor akan keluar tampilan dari jaring titik-titik GPS yang telah diratakan kesalahannya sehingga jaring telah mengalami proses perataan kesalahan dan memiliki ketelitian posisi yang lebih tinggi seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.18 Tampilan proses perataan jaringan

- Untuk menampilkan kesalahan pada jaring tersebut baik ellipsis maupun yang lainnya pilih menu **Result** → klik **dx**, **dy**, **dz** seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.19 Tampilan Menu result

- Untuk melihat **log file** dari hasil proses adjustment yang abru saja dilakukan, dapat dilakukan dengan meng-klik **Result** → klik log file → maka akan muncul hasil akhir dari proses perataan secara keseluruhan.

#### III.4. Penghitungan Nilai Undulasi Geoid.

Adapun langkah penghitungan undulasi geoid adalah menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_p = (h_p) - (H_p)$$



**Keterangan :**

$N_p$  = undulasi geoid antara titik P.

$h_p$  = ellipsoid antara titik P.

$H_p$  = orthometrik antara titik P.

Dan hasil yang diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan persamaan diatas terdapat pada tabel dibawah ini:

<b>NO. TTG</b>	<b>TINGGI (h)</b>	<b>ELEVASI (H)</b>	<b>UNDULASI (N)</b>
TTG 1037	35.8053	7.626	28.1793
TTG 1038	35.9094	8.253	27.6564
TTG 1039	37.1488	9.395	27.7538
TTG 1040	40.7544	11.567	29.1874
TTG 1041	42.7722	13.327	29.4452
TTG 1042	44.5714	14.524	30.0474
TTG 1043	48.1532	16.390	31.7632
TTG 1044	50.9623	19.678	31.2843
TTG 1045	49.8451	18.821	31.0241
TTG 1046	51.8759	20.235	31.6409

### III.5. Penghitungan Nilai Parameter.

Dalam penghitungan parameter untuk penentuan nilai undulasi geoid berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ N_4 \\ N_5 \\ N_6 \\ N_7 \\ N_8 \\ N_9 \\ N_{10} \\ N_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \\ X_4 & Y_4 & 1 \\ X_5 & Y_5 & 1 \\ X_6 & Y_6 & 1 \\ X_7 & Y_7 & 1 \\ X_8 & Y_8 & 1 \\ X_9 & Y_9 & 1 \\ X_{10} & Y_{10} & 1 \\ X_n & Y_n & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$$

dimana **a, b** dan **c** merupakan parameter yang akan dihitung nilainya:

Bobot matrik dapat diketahui dari nilai undulasi geoid atau nilainya sama dengan matrik identitas (P), berdasarkan istimasi tersebut yang mengacu pada ketelitian dari tinggi orthometrik dan tinggi ellipsoid, digunakan untuk menghitung nilai parameter undulasi geoid. Adapapun persamaannya sebagai berikut

$$X = (A^T P A)^{-1} A^T P L$$

Dari hasil perhitungan yang dilakukan nilai X yang didapat adalah sebagai berikut:

$$-0.000226273167740487 \text{ (a)}$$

$$X = 0.000109275778385154 \text{ (b)}$$

$$-821.552719354629 \text{ (c)}$$

### III.6. Penghitungan Nilai koreksi Undulasi Geoid Terkoreksi.

Setelah didapat nilai dari undulasi geoid, maka dilakukan penghitungan nilai undulasi geoid terkoreksi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = A X - L$$

Dari persamaan diatas nilai koreksi dapat dilihat pada table dibawah ini:

V (Koreksi)	A . X	L (nilai undulasi N)
-0.5722865960565	27.6070134039435	28.1793
0.2880788071976	27.9444788071977	27.6564
0.7894859441306	28.5432859441306	27.7538
-0.2825140868278	28.9048859131721	29.1874
-0.0505244647855	29.3946755352144	29.4452
0.26129225423819	30.3086922542382	30.0474
-0.8715508156307	30.8916491843693	31.7632
0.12949610028069	31.4137961002807	31.2843
0.5682661253279	31.5923661253278	31.0241
-0.259743000802	31.3811569991971	31.6409

### III.7. Penghitungan Nilai Defleksi Vertikal.

Dari data yang didapat dari hasil pengamatan GPS, perhitungan nilai defleksi vertikal pada titik-titik pada hasil penelitian ini seperti pada table dibawah ini:

No. Titik	Nilai d S	Nilai d N	Nilai defleksi Vertikal
TTG 1037	1868.160	0.523	0° 0' 58"
TTG 1038	3478.629	0.098	0° 0' 06"
TTG 1039	3033.254	1.433	0° 1' 37"
TTG 1040	3044.699	0.258	0° 0' 17"
TTG 1041	3945.945	0.062	0° 0' 31"
TTG 1042	2932.860	1.718	0° 0' 30"
TTG 1043	3114.548	0.479	0° 0' 32"
TTG 1044	3447.404	0.260	0° 0' 16"
TTG 1045	2544.987	0.617	0° 0' 50"
TTG 1046	2544.987	0.617	0° 0' 50"

## Bab IV

### PEMBAHASAN HASIL

#### IV.1. Analisa data hasil penghitungan nilai undulasi dengan metode least square adjustment.

Adapun data-data yang diperlukan dalam penghitungan undulasi geoid antara lain seperti pada table-tabel dibawah ini:

Data table dibawah ini merupakan data yang didapat dari pengamatan GPS.

NO. TTG	KOORDINAT UTM		KOORDINAT GEODETIS		TINGGI (h)
	TIMUR	UTARA	BUJUR	LINTANG	
TTG 1037	683128.524	9185323.616	112° 39' 32.801512"	7° 22' 1.739416"	35.8053
TTG 1038	681356.312	9184742.164	112° 38' 35.086228"	7° 22' 20.879758"	35.9094
TTG 1039	678108.354	9183496.521	112° 36' 47.327253"	7° 23' 1.813545"	37.1488
TTG 1040	675651.312	9181717.877	112° 35' 29.414942"	7° 24' 0.849095"	40.7544
TTG 1041	672878.910	9180459.313	112° 33' 59.152312"	7° 24' 41.290011"	42.7722
TTG 1042	668938.272	9180663.897	112° 31' 50.620928"	7° 24' 35.077516"	44.5714
TTG 1043	666068.875	9180057.078	112° 30' 17.112969"	7° 24' 55.150821"	48.1532
TTG 1044	663171.317	9178835.465	112° 28' 42.750041"	7° 25' 35.236163"	50.9623
TTG 1045	661064.381	9176106.836	112° 27' 34.329335"	7° 27' 4.291876"	49.8451
TTG 1046	660776.619	9173578.170	112° 27' 25.216346"	7° 28' 26.641545"	51.8759

Data table dibawah ini merupakan sebagian data yang ada pada lembar diskripsi pada TTG:

NO. TTG	ELEVASI (H)
TTG 1037	7.626
TTG 1038	8.253
TTG 1039	9.395
TTG 1040	11.567
TTG 1041	13.327
TTG 1042	14.524
TTG 1043	16.390
TTG 1044	19.678
TTG 1045	18.821
TTG 1046	20.235

Dengan hasil yang didapat dari perhitungan menggunakan metode least square adjustment didapat hasil sebagai berikut:

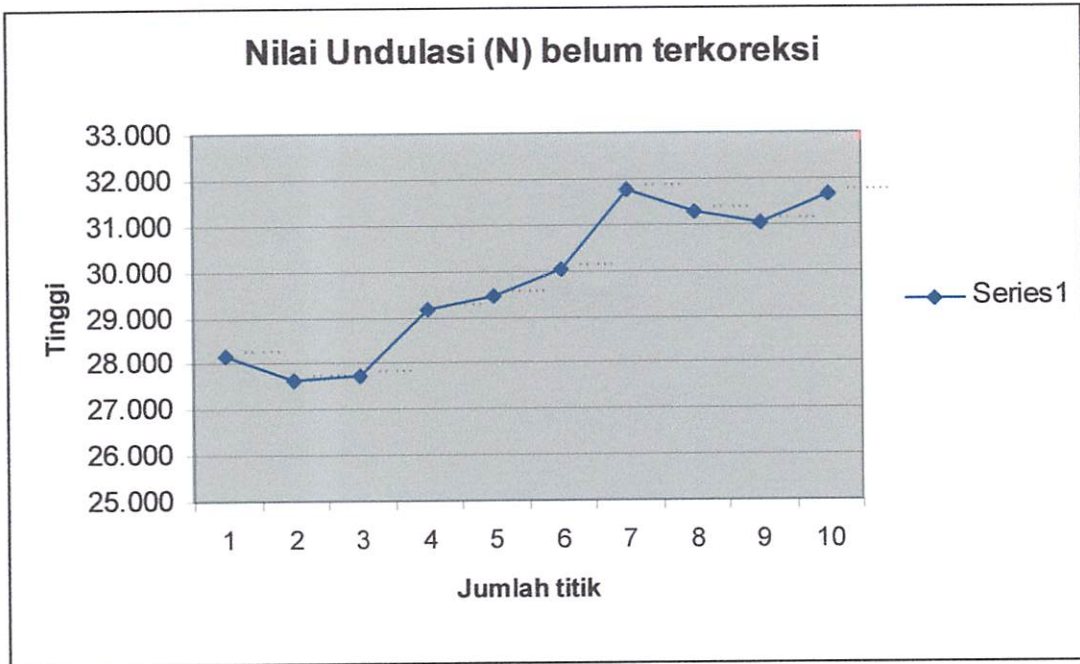
- Dari data table koreksi yang didapat dari hasil perhitungan seperti dibawa ini, maka :

<b>V (Koreksi)</b>	<b>A . X</b>	<b>L (nilai undulasi N)</b>	<b>No. Titik</b>
-0.5722865960565	27.6070134039435	28.1793	TTG 1037
0.2880788071976	27.9444788071977	27.6564	TTG 1038
0.7894859441306	28.5432859441306	27.7538	TTG 1039
-0.2825140868278	28.9048859131721	29.1874	TTG 1040
-0.0505244647855	29.3946755352144	29.4452	TTG 1041
0.26129225423819	30.3086922542382	30.0474	TTG 1042
-0.8715508156307	30.8916491843693	31.7632	TTG 1043
0.12949610028069	31.4137961002807	31.2843	TTG 1044
0.5682661253279	31.5923661253278	31.0241	TTG 1045
-0.259743000802	31.3811569991971	31.6409	TTG 1046

- Pada penelitian ini nilai koreksi terbesar terdapat pada titik TTG 1043 sebesar -0.8715508 dan nilai koreksi terkecil terdapat pada titik TTG 1041 sebesar -0.05052446.
- Pada penelitian ini nilai koreksi untuk penghitungan nilai undulasi geoid dengan menggunakan metode least square adjustment tidak lebih dari 1 meter setelah dilakukan proses perataan.

#### **IV.2. Analisa hasil penghitungan nilai undulasi geoid belum terkoreksi.**

Sebelum dilakukan proses adjustment hasil yang didapat dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.1. Nilai Undulasi (N) belum terkoreksi

Tabel nilai undulasi geoid sebelum dilakukan perataan.

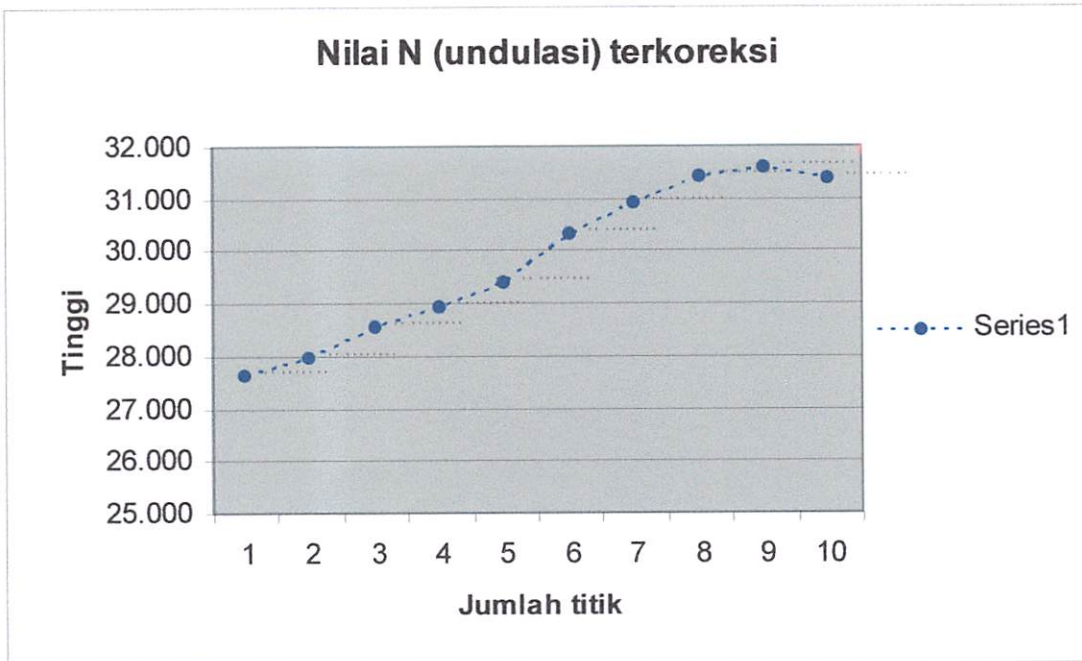
No. Titik	Undulasi geoid Belum terkoreksi
TTG 1037	28.1793
TTG 1038	27.6564
TTG 1039	27.7538
TTG 1040	29.1874
TTG 1041	29.4452
TTG 1042	30.0474
TTG 1043	31.7632
TTG 1044	31.2843
TTG 1045	31.0241
TTG 1046	31.6409

Hasil hasil perhitungan undulasi geoid diatas didapat dari perhitungan nilai tinggi orthometrik dengan nilai tinggi ellipsoid yang didapat dari hasil pengamatan GPS.

Dari grafik diatas dapat dilihat nilai dari undulasi geoid geoid yang terbesar adalah pada titik TTG 1043 (7) dengan nilai sebesar 31.763 m sedangkan nilai undulasi geoid terkecil adalah pada titik TTG 1038 (2) dengan nilai sebesar 27.656m.

### IV.3. Analisa hasil penghitungan nilai undulasi geoid terkoreksi.

Setelah dilakukan proses adjustment dengan menggunakan metode least square adjustment didapat hasil yang dilihat seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.2. Grafik nilai Undulasi (N) terkoreksi

Tabel Nilai Undulasi Geoid Terkoreksi.

No. Titik	Undulasi geoid terkoreksi
TTG 1037	27.607
TTG 1038	27.944
TTG 1039	28.543
TTG 1040	28.904
TTG 1041	29.394
TTG 1042	30.308
TTG 1043	30.891
TTG 1044	31.413
TTG 1045	31.592
TTG 1046	31.381

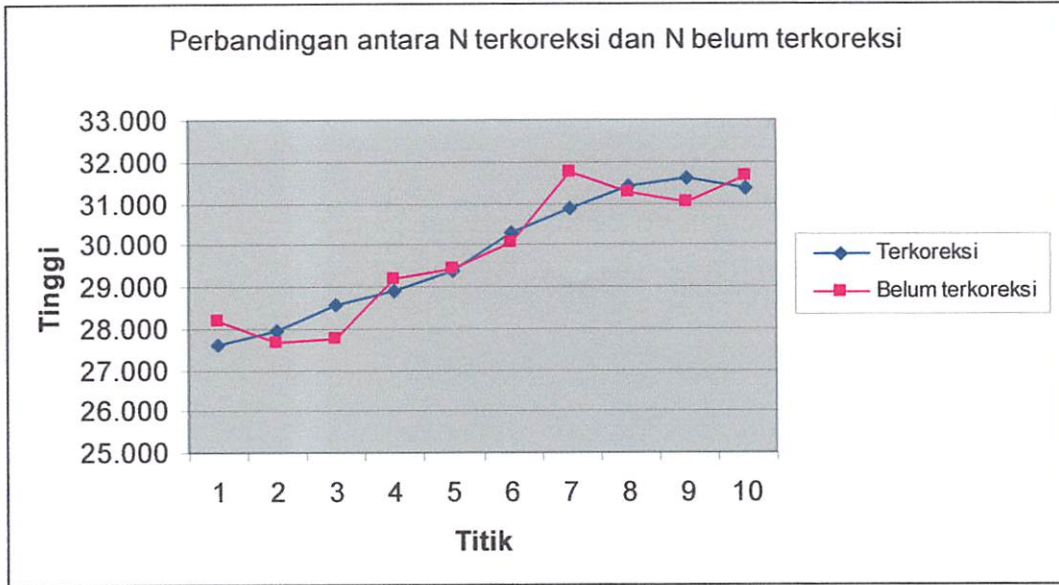
Hasil nilai undulasi geoid pada grafik diatas adalah hasil dari penghitungan nilai undulasi geoid dengan menggunakan metode Least Square Adjustment.

Pada grafik diatas menunjukkan nilai dari undulasi geoid terkoreksi dengan menggunakan metode least square adjustment, dari data diatas menunjukkan bahwa nilai undulasi geoid terbesar adalah pada titik TTG 1045 (9), sedangkan nilai undulasi geoid yang terkecil adalah pada titik TTG 1037 (1).

#### **IV.4. Analisa Perbandingan hasil penghitungan nilai undulasi geoid terkoreksi dengan belum terkorksi.**

Perbandingan antara nilai undulasi (N) terkoreksi dan nilai undulasi (N) belum terkoreksi, seperti gambar dibawah ini:





Gambar 4.3. Grafik perbandingan nilai N terkoreksi dan N belum terkoreksi

Tabel perbandingan sebelum dan sesudah dilakukan perataan.

No. Titik	V (Koreksi)	Undulasi geoid Terkoreksi	L (nilai undulasi N)
TTG 1037	-0.5722865960565	27.6070134039435	28.1793
TTG 1038	0.2880788071976	27.9444788071977	27.6564
TTG 1039	0.7894859441306	28.5432859441306	27.7538
TTG 1040	-0.2825140868278	28.9048859131721	29.1874
TTG 1041	-0.0505244647855	29.3946755352144	29.4452
TTG 1042	0.26129225423819	30.3086922542382	30.0474
TTG 1043	-0.8715508156307	30.8916491843693	31.7632
TTG 1044	0.12949610028069	31.4137961002807	31.2843
TTG 1045	0.5682661253279	31.5923661253278	31.0241
TTG 1046	-0.259743000802	31.3811569991971	31.6409

Dari data grafik diatas menunjukkan bahwa perbedaan nilai undulasi geoid belum terkoreksi dengan nilai undulasi geoid terkoreksi adalah nilai koreksi paling

besar pada titik TTG 1043 (7) dengan nilai -0.871 m sedangkan nilai koreksi terkecil pada titik TTG 1041 (5) dengan nilai koreksi sebesar -0.050 m.

#### IV.5. Analisa Penghitungan Nilai Defleksi Vertikal.

Penentuan nilai undulasi geoid berkaitan dengan penghitungan nilai dari sudut vertical. Rumus penghitungan nilai defleksi vertical dari tiap titik-titik yang dihitung adalah sebagai berikut (Vening Meinesz, 1928):

$$dN = - \epsilon ds$$

Dari yang didapat dari hasil pengamatan GPS, untuk perhitungan nilai defleksi vertical pada titik-titik pada hasil penelitian ini seperti pada table dibawah ini:

No. Titik	Nilai d S	Nilai d N	Nilai defleksi Vertikal
TTG 1037	1868.160	0.523	- 0° 0' 58"
TTG 1038	3478.629	0.098	- 0° 0' 06"
TTG 1039	3033.254	1.433	- 0° 1' 37"
TTG 1040	3044.699	0.258	- 0° 0' 17"
TTG 1041	3945.945	0.062	- 0° 0' 31"
TTG 1042	2932.860	1.718	- 0° 0' 30"
TTG 1043	3114.548	0.479	- 0° 0' 32"
TTG 1044	3447.404	0.260	- 0° 0' 16"
TTG 1045	2544.987	0.617	- 0° 0' 50"
TTG 1046	2544.987	0.617	0° 0' 50"

Nilai komponen defleksi vertical dari perhitungan dengan menggunakan formula diatas mendapatkan hasil antara lain: nilai komponen defleksi vertical terbesar pada titik TTG 1039 sebesar 0° 1' 37", sedangkan nilai komponen defleksi vertical terkecil pada titik TTG 1038 sebesar 0° 0' 06".

## **Bab V**

### **Kesimpulan dan Saran**

#### **V.1. Kesimpulan.**

Kesimpulan yang diambil dari penelitian ini adalah antara lain:

1. Dari penelitian ini hasil yang didapat adalah nilai undulasi geoid lokal terkoreksi dengan nilai antara 27.607 m sampai dengan 31.592 m.
2. Nilai dari komponen defleksi vertikal yang terkecil adalah pada titik TTG 1038 sebesar  $0^{\circ} 0' 6''$ , sedangkan nilai yang terbesar pada titik TTG 1039 sebesar  $0^{\circ} 1' 37''$
3. Nilai undulasi geoid yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah nilai undulasi geoid local pada daerah tersebut dengan tingkat ketelitian sentimeter sampai dengan meter dibandingkan dengan nilai undulasi geoid global.

#### **V.2. Saran.**

Untuk mendapatkan hasil nilai undulasi geoid dengan menggunakan data pengamatan GPS, hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Data tinggi orthometrik (H) yang digunakan menggunakan data dari nilai TTG.

2. Untuk mendapatkan nilai tinggi ellipsoid dari hasil pengamatan GPS yang baik, interval jarak pengamatan yang baik adalah 600 m atau kurang dari interval 1 Km.
3. Waktu yang diperlukan untuk pengamatan minimal 30 menit, atau lebih baiknya  $\pm 1$  jam waktu pertampalan pengamatan antara dua buah titik yang dilakukan pengamatan GPS.
4. Dalam penghitungan nilai undulasi geoid dengan menggunakan data poengamatan GPS menggunakan metode Least Square Adjustment. Dan harus membuat pemodelan untuk penghitungannya.

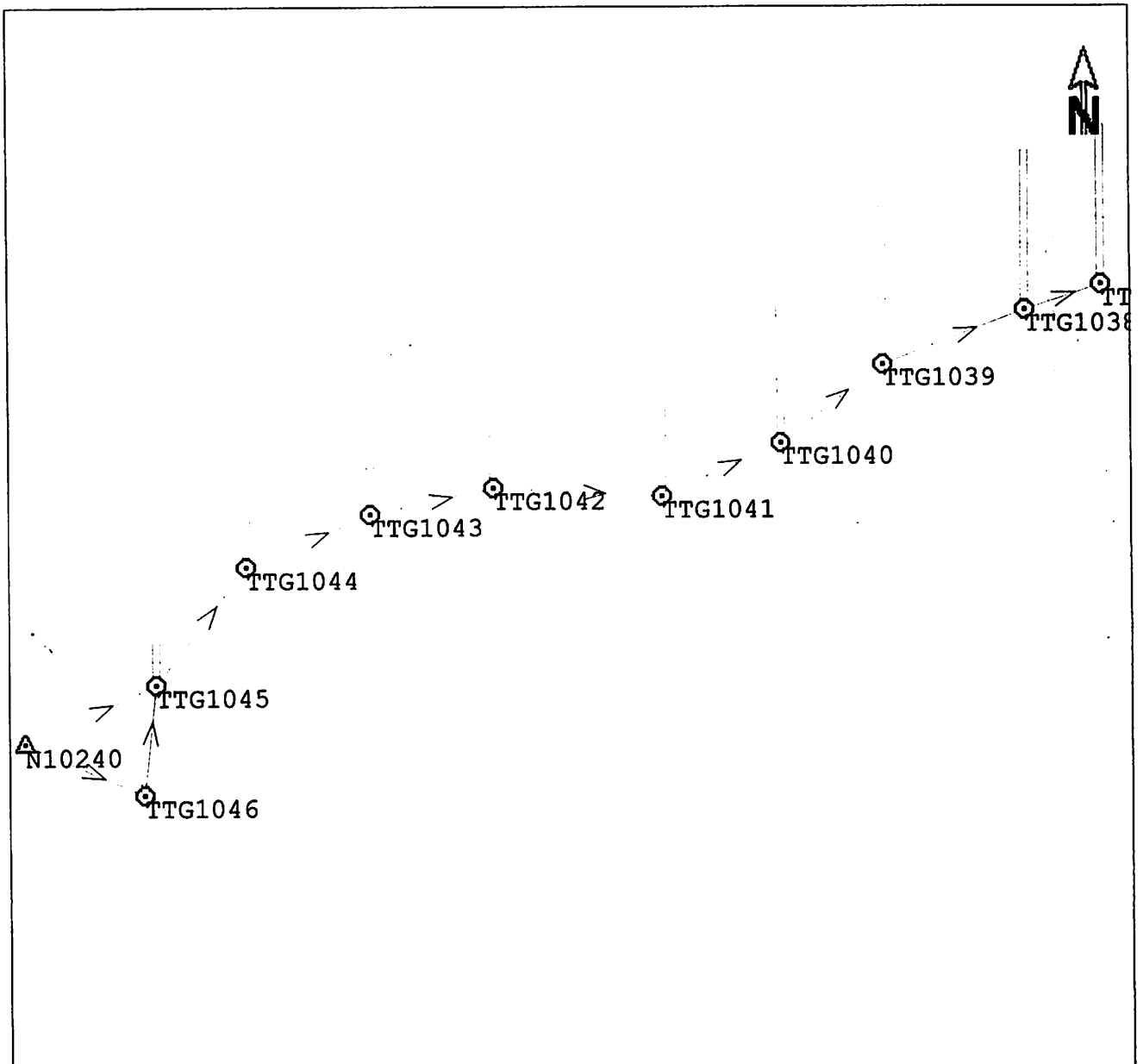
## DAFTAR PUSTAKA

- A. Leick, 1995, GPS Satelit Surveying, Departement of Surveying Engineering, University of Maine.
- B. D. Zilkoski, 1990, Estabhling Vertical Control Using GPS Satelit Surveys, United States.
- C. Rizos, 1996, Principles of GPS Surveying, 2<sup>nd</sup> Tropical School of Geodesi. Haryono, 1999, Geodesi Fisis, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Hasanudin Z. Abidin, 2002, Survei Gengan GPS, Pradnya Paramita, Jakarta.
- M. Veronneau, 1995, The GSDN95 Geoid Model for Canada, Geodetic Survey Division, Dept. of natural Resources, Ottawa, Ontario, Canada.
- P. A. Collier & M. J. Croft, 1997, Height from GPS in an Engineering Enveronment, Dept. of Geomatic, The University of Melbourne.

# LAMPIRAN DATA

Adjustment printout

Network :



0.0100 m

Adjustment type : Minimal constrained  
 Number of observations : 33  
 Number of unknowns : 30  
 Degrees of freedom : 3  
 Number of groups : 1

Sigma a priori : 0.0048 [m]  
 Sigma a posteriori : 0.0188 [m]

Cartesian residuals:

-----

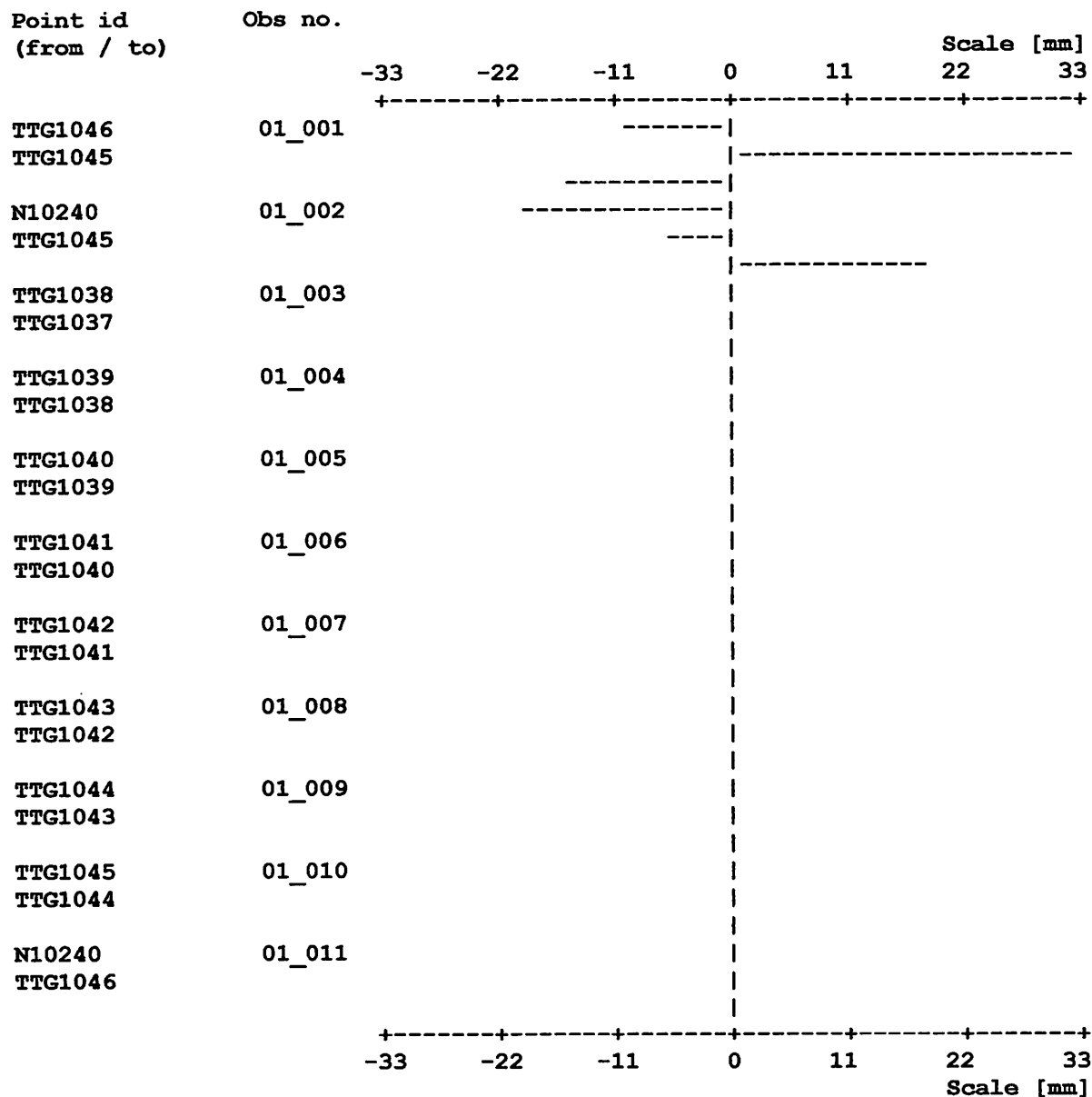




Table with Cartesian residuals:

From point	To point	Obs no.	dX	dY	dZ
TTG1046	TTG1045	01_001	-0.0095	0.0322	-0.0160
N10240	TTG1045	01_002	-0.0196	-0.0058	0.0181
TTG1038	TTG1037	01_003	0.0000	0.0000	-0.0000
TTG1039	TTG1038	01_004	-0.0000	-0.0000	0.0000
TTG1040	TTG1039	01_005	0.0000	0.0000	0.0000
TTG1041	TTG1040	01_006	0.0000	-0.0000	0.0000
TTG1042	TTG1041	01_007	0.0000	-0.0000	0.0000
TTG1043	TTG1042	01_008	0.0000	-0.0000	0.0000
TTG1044	TTG1043	01_009	0.0000	-0.0000	0.0000
TTG1045	TTG1044	01_010	-0.0000	0.0000	-0.0000
N10240	TTG1046	01_011	0.0006	0.0001	-0.0002

Point id	TTG1045			TTG1037			
TTG1045	0.31960	-0.46975	0.23074	0.31960	-0.46975	0.23074	
	-0.46975	1.22955	-0.55639	-0.46975	1.22955	-0.55639	
	0.23074	-0.55639	0.35781	0.23074	-0.55639	0.35781	
TTG1037	0.31960	-0.46975	0.23074	4.31711	-7.24542	1.84467	
	-0.46975	1.22955	-0.55639	-7.24542	18.17855	-3.74227	
	0.23074	-0.55639	0.35781	1.84467	-3.74227	2.46826	
TTG1038	0.31960	-0.46975	0.23074	4.27947	-7.19171	1.84670	
	-0.46975	1.22955	-0.55639	-7.19171	18.07067	-3.75152	
	0.23074	-0.55639	0.35781	1.84670	-3.75152	2.45276	
TTG1039	0.31960	-0.46975	0.23074	4.22673	-7.11747	1.84948	
	-0.46975	1.22955	-0.55639	-7.11747	17.91927	-3.76384	
	0.23074	-0.55639	0.35781	1.84948	-3.76384	2.43231	
TTG1040	0.31960	-0.46975	0.23074	4.00825	-6.98596	1.82095	
	-0.46975	1.22955	-0.55639	-6.98596	16.81044	-3.97987	
	0.23074	-0.55639	0.35781	1.82095	-3.97987	2.32328	
TTG1041	0.31960	-0.46975	0.23074	3.87266	-6.80339	1.78961	
	-0.46975	1.22955	-0.55639	-6.80339	16.47726	-3.92057	
	0.23074	-0.55639	0.35781	1.78961	-3.92057	2.25575	
TTG1042	0.31960	-0.46975	0.23074	1.86748	-3.22793	1.30628	
	-0.46975	1.22955	-0.55639	-3.22793	8.51129	-3.09769	
	0.23074	-0.55639	0.35781	1.30628	-3.09769	1.74852	
TTG1043	0.31960	-0.46975	0.23074	1.12162	-2.01894	1.00547	
	-0.46975	1.22955	-0.55639	-2.01894	5.73964	-2.58432	
	0.23074	-0.55639	0.35781	1.00547	-2.58432	1.46984	
TTG1044	0.31960	-0.46975	0.23074	1.03335	-1.95299	0.99059	
	-0.46975	1.22955	-0.55639	-1.95299	5.34138	-2.51205	
	0.23074	-0.55639	0.35781	0.99059	-2.51205	1.42007	
TTG1046	0.04051	-0.02359	-0.00851	0.04051	-0.02359	-0.00851	
	-0.02823	0.04034	0.01076	-0.02823	0.04034	0.01076	
	-0.00090	-0.00236	0.00757	-0.00090	-0.00236	0.00757	

Point id	TTG1038			TTG1039		
TTG1045	0.31960	-0.46975	0.23074	0.31960	-0.46975	0.23074
	-0.46975	1.22955	-0.55639	-0.46975	1.22955	-0.55639
	0.23074	-0.55639	0.35781	0.23074	-0.55639	0.35781
TTG1037	4.27947	-7.19171	1.84670	4.22673	-7.11747	1.84948
	-7.19171	18.07067	-3.75152	-7.11747	17.91927	-3.76384
	1.84670	-3.75152	2.45276	1.84948	-3.76384	2.43231
TTG1038	4.27947	-7.19171	1.84670	4.22673	-7.11747	1.84948
	-7.19171	18.07067	-3.75152	-7.11747	17.91927	-3.76384
	1.84670	-3.75152	2.45276	1.84948	-3.76384	2.43231
TTG1039	4.22673	-7.11747	1.84948	4.22673	-7.11747	1.84948
	-7.11747	17.91927	-3.76384	-7.11747	17.91927	-3.76384
	1.84948	-3.76384	2.43231	1.84948	-3.76384	2.43231
TTG1040	4.00825	-6.98596	1.82095	4.00825	-6.98596	1.82095
	-6.98596	16.81044	-3.97987	-6.98596	16.81044	-3.97987
	1.82095	-3.97987	2.32328	1.82095	-3.97987	2.32328
TTG1041	3.87266	-6.80339	1.78961	3.87266	-6.80339	1.78961
	-6.80339	16.47726	-3.92057	-6.80339	16.47726	-3.92057
	1.78961	-3.92057	2.25575	1.78961	-3.92057	2.25575
TTG1042	1.86748	-3.22793	1.30628	1.86748	-3.22793	1.30628
	-3.22793	8.51129	-3.09769	-3.22793	8.51129	-3.09769
	1.30628	-3.09769	1.74852	1.30628	-3.09769	1.74852
TTG1043	1.12162	-2.01894	1.00547	1.12162	-2.01894	1.00547
	-2.01894	5.73964	-2.58432	-2.01894	5.73964	-2.58432
	1.00547	-2.58432	1.46984	1.00547	-2.58432	1.46984
TTG1044	1.03335	-1.95299	0.99059	1.03335	-1.95299	0.99059
	-1.95299	5.34138	-2.51205	-1.95299	5.34138	-2.51205
	0.99059	-2.51205	1.42007	0.99059	-2.51205	1.42007
TTG1046	0.04051	-0.02359	-0.00851	0.04051	-0.02359	-0.00851
	-0.02823	0.04034	0.01076	-0.02823	0.04034	0.01076
	-0.00090	-0.00236	0.00757	-0.00090	-0.00236	0.00757

Point id	TTG1040			TTG1041		
TTG1045	0.31960	-0.46975	0.23074	0.31960	-0.46975	0.23074
	-0.46975	1.22955	-0.55639	-0.46975	1.22955	-0.55639
	0.23074	-0.55639	0.35781	0.23074	-0.55639	0.35781
TTG1037	4.00825	-6.98596	1.82095	3.87266	-6.80339	1.78961
	-6.98596	16.81044	-3.97987	-6.80339	16.47726	-3.92057
	1.82095	-3.97987	2.32328	1.78961	-3.92057	2.25575
TTG1038	4.00825	-6.98596	1.82095	3.87266	-6.80339	1.78961
	-6.98596	16.81044	-3.97987	-6.80339	16.47726	-3.92057
	1.82095	-3.97987	2.32328	1.78961	-3.92057	2.25575
TTG1039	4.00825	-6.98596	1.82095	3.87266	-6.80339	1.78961
	-6.98596	16.81044	-3.97987	-6.80339	16.47726	-3.92057
	1.82095	-3.97987	2.32328	1.78961	-3.92057	2.25575

TTG1040		4.00825	-6.98596	1.82095		3.87266	-6.80339	1.78961	
		-6.98596	16.81044	-3.97987		-6.80339	16.47726	-3.92057	
		1.82095	-3.97987	2.32328		1.78961	-3.92057	2.25575	
-----									
TTG1041		3.87266	-6.80339	1.78961		3.87266	-6.80339	1.78961	
		-6.80339	16.47726	-3.92057		-6.80339	16.47726	-3.92057	
		1.78961	-3.92057	2.25575		1.78961	-3.92057	2.25575	
-----									
TTG1042		1.86748	-3.22793	1.30628		1.86748	-3.22793	1.30628	
		-3.22793	8.51129	-3.09769		-3.22793	8.51129	-3.09769	
		1.30628	-3.09769	1.74852		1.30628	-3.09769	1.74852	
-----									
TTG1043		1.12162	-2.01894	1.00547		1.12162	-2.01894	1.00547	
		-2.01894	5.73964	-2.58432		-2.01894	5.73964	-2.58432	
		1.00547	-2.58432	1.46984		1.00547	-2.58432	1.46984	
-----									
TTG1044		1.03335	-1.95299	0.99059		1.03335	-1.95299	0.99059	
		-1.95299	5.34138	-2.51205		-1.95299	5.34138	-2.51205	
		0.99059	-2.51205	1.42007		0.99059	-2.51205	1.42007	
-----									
TTG1046		0.04051	-0.02359	-0.00851		0.04051	-0.02359	-0.00851	
		-0.02823	0.04034	0.01076		-0.02823	0.04034	0.01076	
		-0.00090	-0.00236	0.00757		-0.00090	-0.00236	0.00757	
-----									
Point id		TTG1042				TTG1043			
-----									
TTG1045		0.31960	-0.46975	0.23074		0.31960	-0.46975	0.23074	
		-0.46975	1.22955	-0.55639		-0.46975	1.22955	-0.55639	
		0.23074	-0.55639	0.35781		0.23074	-0.55639	0.35781	
-----									
TTG1037		1.86748	-3.22793	1.30628		1.12162	-2.01894	1.00547	
		-3.22793	8.51129	-3.09769		-2.01894	5.73964	-2.58432	
		1.30628	-3.09769	1.74852		1.00547	-2.58432	1.46984	
-----									
TTG1038		1.86748	-3.22793	1.30628		1.12162	-2.01894	1.00547	
		-3.22793	8.51129	-3.09769		-2.01894	5.73964	-2.58432	
		1.30628	-3.09769	1.74852		1.00547	-2.58432	1.46984	
-----									
TTG1039		1.86748	-3.22793	1.30628		1.12162	-2.01894	1.00547	
		-3.22793	8.51129	-3.09769		-2.01894	5.73964	-2.58432	
		1.30628	-3.09769	1.74852		1.00547	-2.58432	1.46984	
-----									
TTG1040		1.86748	-3.22793	1.30628		1.12162	-2.01894	1.00547	
		-3.22793	8.51129	-3.09769		-2.01894	5.73964	-2.58432	
		1.30628	-3.09769	1.74852		1.00547	-2.58432	1.46984	
-----									
TTG1041		1.86748	-3.22793	1.30628		1.12162	-2.01894	1.00547	
		-3.22793	8.51129	-3.09769		-2.01894	5.73964	-2.58432	
		1.30628	-3.09769	1.74852		1.00547	-2.58432	1.46984	
-----									
TTG1042		1.86748	-3.22793	1.30628		1.12162	-2.01894	1.00547	
		-3.22793	8.51129	-3.09769		-2.01894	5.73964	-2.58432	
		1.30628	-3.09769	1.74852		1.00547	-2.58432	1.46984	
-----									
TTG1043		1.12162	-2.01894	1.00547		1.12162	-2.01894	1.00547	
		-2.01894	5.73964	-2.58432		-2.01894	5.73964	-2.58432	
		1.00547	-2.58432	1.46984		1.00547	-2.58432	1.46984	
-----									
TTG1044		1.03335	-1.95299	0.99059		1.03335	-1.95299	0.99059	
		-1.95299	5.34138	-2.51205		-1.95299	5.34138	-2.51205	
		0.99059	-2.51205	1.42007		0.99059	-2.51205	1.42007	

TTG1046	0.04051	-0.02359	-0.00851	0.04051	-0.02359	-0.00851
	-0.02823	0.04034	0.01076	-0.02823	0.04034	0.01076
	-0.00090	-0.00236	0.00757	-0.00090	-0.00236	0.00757

Point id	TTG1044			TTG1046			
TTG1045	0.31960	-0.46975	0.23074	0.04051	-0.02823	-0.00090	
	-0.46975	1.22955	-0.55639	-0.02359	0.04034	-0.00236	
	0.23074	-0.55639	0.35781	-0.00851	0.01076	0.00757	

TTG1037	1.03335	-1.95299	0.99059	0.04051	-0.02823	-0.00090
	-1.95299	5.34138	-2.51205	-0.02359	0.04034	-0.00236
	0.99059	-2.51205	1.42007	-0.00851	0.01076	0.00757

TTG1038	1.03335	-1.95299	0.99059	0.04051	-0.02823	-0.00090
	-1.95299	5.34138	-2.51205	-0.02359	0.04034	-0.00236
	0.99059	-2.51205	1.42007	-0.00851	0.01076	0.00757

TTG1039	1.03335	-1.95299	0.99059	0.04051	-0.02823	-0.00090
	-1.95299	5.34138	-2.51205	-0.02359	0.04034	-0.00236
	0.99059	-2.51205	1.42007	-0.00851	0.01076	0.00757

TTG1040	1.03335	-1.95299	0.99059	0.04051	-0.02823	-0.00090
	-1.95299	5.34138	-2.51205	-0.02359	0.04034	-0.00236
	0.99059	-2.51205	1.42007	-0.00851	0.01076	0.00757

TTG1041	1.03335	-1.95299	0.99059	0.04051	-0.02823	-0.00090
	-1.95299	5.34138	-2.51205	-0.02359	0.04034	-0.00236
	0.99059	-2.51205	1.42007	-0.00851	0.01076	0.00757

TTG1042	1.03335	-1.95299	0.99059	0.04051	-0.02823	-0.00090
	-1.95299	5.34138	-2.51205	-0.02359	0.04034	-0.00236
	0.99059	-2.51205	1.42007	-0.00851	0.01076	0.00757

TTG1043	1.03335	-1.95299	0.99059	0.04051	-0.02823	-0.00090
	-1.95299	5.34138	-2.51205	-0.02359	0.04034	-0.00236
	0.99059	-2.51205	1.42007	-0.00851	0.01076	0.00757

TTG1044	1.03335	-1.95299	0.99059	0.04051	-0.02823	-0.00090
	-1.95299	5.34138	-2.51205	-0.02359	0.04034	-0.00236
	0.99059	-2.51205	1.42007	-0.00851	0.01076	0.00757

TTG1046	0.04051	-0.02359	-0.00851	0.05361	-0.04807	0.00382
	-0.02823	0.04034	0.01076	-0.04807	0.09717	-0.01371
	-0.00090	-0.00236	0.00757	0.00382	-0.01371	0.01404

Reduced Cartesian variance / covariance information:

TTG1045			TTG1037		
0.31960	-0.46975	0.23074	4.31711	-7.24542	1.84467
-0.46975	1.22955	-0.55639	-7.24542	18.17855	-3.74227
0.23074	-0.55639	0.35781	1.84467	-3.74227	2.46826

TTG1038			TTG1039		
4.27947	-7.19171	1.84670	4.22673	-7.11747	1.84948
-7.19171	18.07067	-3.75152	-7.11747	17.91927	-3.76384
1.84670	-3.75152	2.45276	1.84948	-3.76384	2.43231
TTG1040			TTG1041		
4.00825	-6.98596	1.82095	3.87266	-6.80339	1.78961
-6.98596	16.81044	-3.97987	-6.80339	16.47726	-3.92057
1.82095	-3.97987	2.32328	1.78961	-3.92057	2.25575
TTG1042			TTG1043		
1.86748	-3.22793	1.30628	1.12162	-2.01894	1.00547
-3.22793	8.51129	-3.09769	-2.01894	5.73964	-2.58432
1.30628	-3.09769	1.74852	1.00547	-2.58432	1.46984
TTG1044			TTG1046		
1.03335	-1.95299	0.99059	0.05361	-0.04807	0.00382
-1.95299	5.34138	-2.51205	-0.04807	0.09717	-0.01371
0.99059	-2.51205	1.42007	0.00382	-0.01371	0.01404

Outlier detection:

Critical tau value: 1.63 for tuned Alpha: 12.24 [%]

From point	To point	Obs no.	Stand. resid.	R[%]
TTG1046	TTG1045	01_001	0.82	12.50
			1.07	58.05
			1.06	26.06
N10240	TTG1045	01_002	1.01	84.52
			0.36	39.09
			1.26	73.04
TTG1038	TTG1037	01_003	0.00	0.00
			0.00	0.00
			0.00	0.00
TTG1039	TTG1038	01_004	0.00	0.00
			0.00	0.00
			0.00	0.00
TTG1040	TTG1039	01_005	0.00	0.00
			0.00	0.00
			0.00	0.00
TTG1041	TTG1040	01_006	0.00	0.00
			0.00	0.00
			0.00	0.00
TTG1042	TTG1041	01_007	0.00	0.00
			0.00	0.00
			0.00	0.00
TTG1043	TTG1042	01_008	0.00	0.00
			0.00	0.00
			0.00	0.00

TTG1044	TTG1043	01_009	0.00	0.00
			0.00	0.00
			0.00	0.00
TTG1045	TTG1044	01_010	0.00	0.00
			0.00	0.00
			0.00	0.00
N10240	TTG1046	01_011	0.84	2.98
			0.14	2.86
			1.24	0.90

Internal reliability (cartesian):

From point	To point	Obs no.	minimal detectable bias		
			X	Y	Z
TTG1046	TTG1045	01_001	0.0556	0.0614	0.0468
N10240	TTG1045	01_002	0.0306	0.0536	0.0272
TTG1038	TTG1037	01_003	-----	-----	-----
TTG1039	TTG1038	01_004	-----	-----	-----
TTG1040	TTG1039	01_005	-----	-----	-----
TTG1041	TTG1040	01_006	-----	-----	-----
TTG1042	TTG1041	01_007	-----	-----	-----
TTG1043	TTG1042	01_008	-----	-----	-----
TTG1044	TTG1043	01_009	-----	-----	-----
TTG1045	TTG1044	01_010	-----	-----	-----
N10240	TTG1046	01_011	0.0326	0.0446	0.0300

External reliability (cartesian):

Point	dX	dY	dZ
TTG1045	0.0043	0.0032	0.0052
TTG1037	0.0043	0.0032	0.0052
TTG1038	0.0043	0.0032	0.0052
TTG1039	0.0043	0.0032	0.0052
TTG1040	0.0043	0.0032	0.0052
TTG1041	0.0043	0.0032	0.0052
TTG1042	0.0043	0.0032	0.0052
TTG1043	0.0043	0.0032	0.0052
TTG1044	0.0043	0.0032	0.0052
TTG1046	0.0008	0.0009	0.0002

Adjusted Cartesian coordinates:

N10240	X: -2413332.5592	fixed
	Y: 5845957.1375	fixed
	Z: -822985.5430	fixed
TTG1045	X: -2416222.6331 ±	0.01060 [m]
	Y: 5844951.9125 ±	0.02080 [m]
	Z: -821642.8066 ±	0.01122 [m]
TTG1037	X: -2437026.0091 ±	0.03897 [m]
	Y: 5837596.2480 ±	0.07997 [m]
	Z: -812423.9137 ±	0.02947 [m]

TTG1038	X:	-2435363.4892 ±	0.03880 [m]
	Y:	5838208.4121 ±	0.07973 [m]
	Z:	-813007.0671 ±	0.02937 [m]
TTG1039	X:	-2432251.4815 ±	0.03856 [m]
	Y:	5839331.9870 ±	0.07939 [m]
	Z:	-814254.3143 ±	0.02925 [m]
TTG1040	X:	-2429955.5223 ±	0.03755 [m]
	Y:	5840037.1399 ±	0.07690 [m]
	Z:	-816053.2580 ±	0.02859 [m]
TTG1041	X:	-2427338.9718 ±	0.03691 [m]
	Y:	5840953.9154 ±	0.07613 [m]
	Z:	-817285.5156 ±	0.02817 [m]
TTG1042	X:	-2423708.8980 ±	0.02563 [m]
	Y:	5842489.7334 ±	0.05472 [m]
	Z:	-817096.4913 ±	0.02480 [m]
TTG1043	X:	-2421030.5117 ±	0.01986 [m]
	Y:	5843515.8306 ±	0.04493 [m]
	Z:	-817708.6530 ±	0.02274 [m]
TTG1044	X:	-2418297.1950 ±	0.01907 [m]
	Y:	5844478.4122 ±	0.04335 [m]
	Z:	-818930.1417 ±	0.02235 [m]
TTG1046	X:	-2415839.6430 ±	0.00434 [m]
	Y:	5844756.8311 ±	0.00585 [m]
	Z:	-824151.4514 ±	0.00222 [m]

#### 2-D and 1-D confidence regions

-----

Confidence level:       68.00 %  
1D expansion factor:    0.9946  
2D expansion factor:    1.5096

Point	Semi major axis	Azimuth	Semi minor axis	Height
TTG1045	0.0133	0.5	0.0098	0.0233
TTG1037	0.0381	158.1	0.0301	0.0875
TTG1038	0.0379	157.8	0.0299	0.0873
TTG1039	0.0377	157.4	0.0297	0.0869
TTG1040	0.0349	169.9	0.0272	0.0849
TTG1041	0.0342	169.3	0.0267	0.0840
TTG1042	0.0287	176.5	0.0211	0.0606
TTG1043	0.0260	4.0	0.0172	0.0498
TTG1044	0.0254	2.9	0.0150	0.0483
TTG1046	0.0047	74.5	0.0030	0.0066

-----  
Original coordinate set: Geodetic  
Transformation set: UTM  
Coordinate type: Grid  
Reference ellipsoid: WGS 1984  
Projection set: Bambang TA  
Geoidal model: undefined  
Unit: m  
-----

Point ID	Easting	Northing	Ell. Height
N10240	658005.580	9174764.228	49.6873
TTG 1037	683128.524	9185323.616	35.8053
TTG 1038	681356.312	9184742.164	35.9094
TTG 1039	678108.354	9183496.521	37.1488
TTG 1040	675651.312	9181717.877	40.7544
TTG 1041	672878.910	9180459.313	42.7722
TTG 1042	668938.272	9180663.897	44.5714
TTG 1043	666068.875	9180057.078	48.1532
TTG 1044	663171.317	9178835.465	50.9623
TTG 1045	661064.381	9176106.836	49.8451
TTG 1046	660776.619	9173578.170	51.8451



-----  
Unit: m  
Coordinate: Geodetic  
Reference ellipsoid: WGS 1984  
Project set: Bambang TA

-----

Point ID	Latitude	Longitude	Elevation (h)
N10240	7 27 48.384342 S	112 25 54.738687 E	49.6873
TTG 1037	7 22 1.739416 S	112 39 32.801512 E	35.8053
TTG 1038	7 22 20.879758 S	112 38 35.086228 E	35.9094
TTG 1039	7 23 1.813545 S	112 36 47.327253 E	37.1488
TTG 1040	7 24 0.849095 S	112 35 29.414942 E	40.7544
TTG 1041	7 24 41.290011 S	112 33 59.152312 E	42.7722
TTG 1042	7 24 35.077516 S	112 31 50.620928 E	44.5714
TTG 1043	7 24 55.150821 S	112 30 17.112969 E	48.1532
TTG 1044	7 25 35.236163 S	112 28 42.750041 E	50.9623
TTG 1045	7 27 4.291876 S	112 27 34.329335 E	49.8451
TTG 1046	7 28 26.641545 S	112 27 25.216346 E	51.8451

-----



BADAN KOORDINASI SURVEI DAN PEMETAAN NASIONAL  
(BAKOSURTANAL)

BIDANG KERANGKA GEODESI - PUSAT GEODESI DAN GEODINAMIKA  
Jl. Raya Jakarta - Bogor Km. 46 Cibinong 16911 PO Box 46 CBI  
Telp. (021) 8758061, 8753155 Fax. (021) 8758061, 87916647 email: info@bakosurtanal.go.id

SISTEM INFORMASI GEODESI BAKOSURTANAL  
JARING KONTROL VERTIKAL NASIONAL

TTG

1036

### DESKRIPSI TANDA TINGGI GEODESI

Nomor Pilar	: 1036	Nama Setempat	: Jembatan Kali Kletek
Desa	: Kletek	Kecamatan	: Taman
Kabupaten/Kota	: Sidoarjo	Propinsi	: JAWA TIMUR
Pengamatan Oleh	: PT. NARCON	TGL. Pasang	: 4 Mei 85
Jenis TTG	: Baut Marmer	Simpul	: Bukan Simpul
Nomor Jalur	: 53	Jalur	: Waru - Jombang

Lintang =  $-7,359167$  derajat      Bujur =  $112,690002$  derajat

Tinggi =  $8,156$  Meter

Standar Deviasi Tinggi =  $16,1$  Millimeter

### KETERANGAN

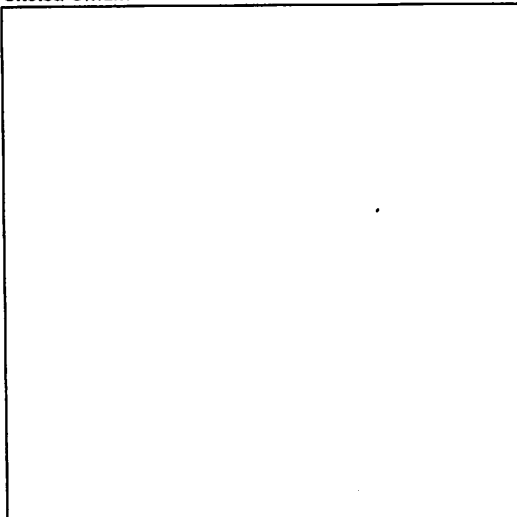
Catatan : Posisi horizontal didapat dari hasil interpolasi peta AMS 1964, skala 1 : 50.000

Datum Tinggi : Rata-rata dari Muka Air Laut rata-rata di stasiun pasut Tanjungpriok (Jakarta) dan Tanjungperak (Surabaya).

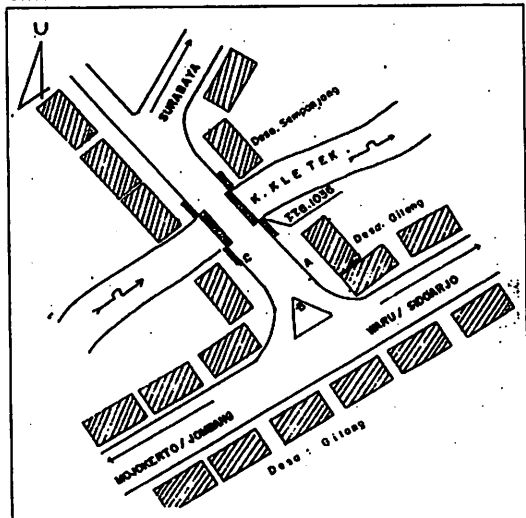
Sistem Tinggi : Ortometrik

Uraian Lokasi : Terletak di kepala jembatan Kali Kletek, sebelah kiri jalan arah Surabaya - Jombang. Pada Km.16.0 dari Surabaya.

### Sketsa Umum



### Sketsa Detail



Catatan : Bila pilar hilang / rusak , hubungi alamat diatas.

Dibuat Tahun : 2004

Dicetak Tanggal :

09/03/2005 9:42:43



BADAN KOORDINASI SURVEI DAN PEMETAAN NASIONAL  
( BAKOSURTANAL )  
BIDANG KERANGKA GEODESI - PUSAT GEODESI DAN GEODINAMIKA  
Jl. Raya Jakarta - Bogor Km. 46 Cibinong 16911 PO Box 46 CBI  
Telp. (021) 8758061, 8753155 Fax. (021) 8758061, 87916647 email: info@bakosurtanal.go.id  
SISTEM INFORMASI GEODESI BAKOSURTANAL  
JARING KONTROL VERTIKAL NASIONAL

TTG  
1037

### DESKRIPSI TANDA TINGGI GEODESI

Nomor Pilar	: 1037	Nama Setempat	: Desa Gilang
Desa	: Gilang	Kecamatan	: Taman
Kabupaten/Kota	: Sidoarjo	Propinsi	: Jawa Timur
Pengamatan Oleh	:	TGL. Pasang	:
Jenis TTG	: PTB	Simpul	: Bukan simpul
Nomor Jalur	: 53	Jalur	: Waru -Jombang

Lintang =  $-7,355278$  derajat      Bujur =  $112,663330$  derajat

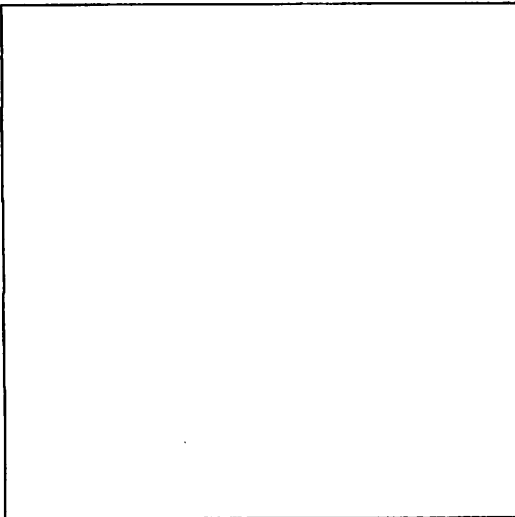
Tinggi = 7,626 Meter

Standar Deviasi Tinggi = 16,1 Millimeter

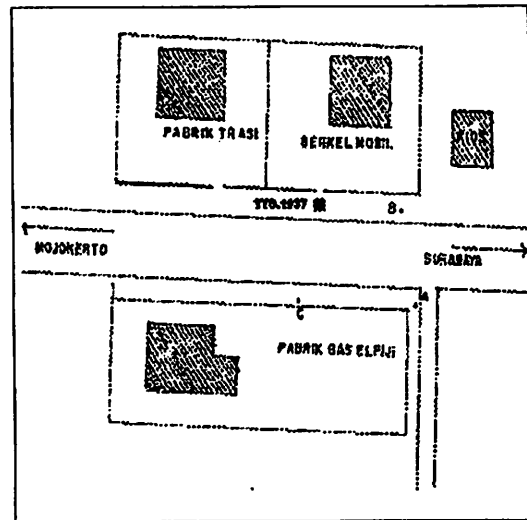
### KETERANGAN

Catatan :  
Datum Tinggi :  
Sistem Tinggi : *Ortometrik*  
Uraian Lokasi : *Terletak di tepi jalan raya Galang, sebelah kanan jalan arah Surabaya - Jombang .Pada Km.19.5 dari Surabaya.Km.4.1 dari Sepanjang*

#### Sketsa Umum



#### Sketsa Detail



Catatan : *Bila pilar hilang / rusak , hubungi alamat diatas.*

Dibuat Tahun : 2004

Dicetak Tanggal : 09/03/2005 13:41:39



**BADAN KOORDINASI SURVEI DAN PEMETAAN NASIONAL  
(BAKOSURTANAL)**

**BIDANG KERANGKA GEODESI - PUSAT GEODESI DAN GEODINAMIKA**  
Jl. Raya Jakarta - Bogor Km. 46 Cibinong 16911 PO Box 46 CBI  
Telp. (021) 8758061, 8753155 Fax. (021) 8758061, 87916647 email: info@bakosurtanal.go.id  
**SISTEM INFORMASI GEODESI BAKOSURTANAL**  
**JARING KONTROL VERTIKAL NASIONAL**

**TTG  
1039**

**DESKRIPSI TANDA TINGGI GEODESI**

Nomor Pilar	: 1039	Nama Setempat	: Halaman Balai Desa Sindorejo
Desa	: Sindorejo	Kecamatan	: Krian
Kabupaten/Kota	: Sidoarjo	Propinsi	: JAWA TIMUR
Pengamatan Oleh	: PT. NARCON	TGL. Pasang	: 21 Apr' 85
Jenis TTG	: Pilar Tinggi Biasa	Simpul	: Bukan Simpul
Nomor Jalur	: 53	Jalur	: Waru - Jombang

Lintang =  $-7,381944$  derajat      Bujur =  $112,613609$  derajat

Tinggi = **9,395 Meter**

Standar Deviasi Tinggi = **16,2 Millimeter**

**KETERANGAN**

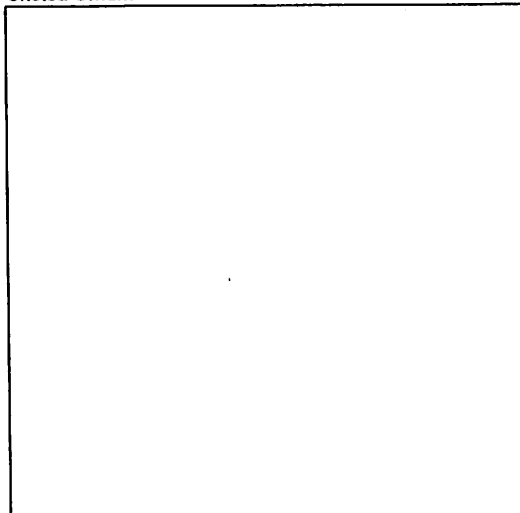
Catatan : Posisi horizontal didapat dari hasil interpolasi peta AMS 1964, skala 1 : 50.000

Datum Tinggi : Rata-rata dari Muka Air Laut rata-rata di stasiun pasut Tanjungpriok (Jakarta) dan Tanjungperak (Surabaya).

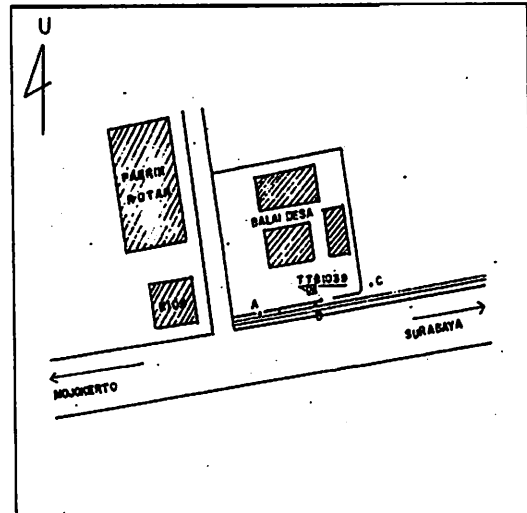
Sistem Tinggi : Ortometrik

Uraian Lokasi : Terletak di halaman Kantor Desa Sindorejo, kanan jalan arah Surabaya - Mojokerto. Pada Km. 24.9 Surabaya, Km.9.9 dari sepanjang dan Km. 24.1 dari Mojokerto.

**Sketsa Umum**



**Sketsa Detail**



Catatan : Bila pilar hilang / rusak, hubungi alamat diatas.

Dibuat Tahun : 2004

Dicetak Tanggal :

09/03/2005 9:45:42



BADAN KOORDINASI SURVEI DAN PEMETAAN NASIONAL  
(BAKOSURTANAL)

BIDANG KERANGKA GEODESI - PUSAT GEODESI DAN GEODINAMIKA  
Jl. Raya Jakarta - Bogor Km. 46 Cibinong 16911 PO Box 46 CBI  
Telp. (021) 8758061, 8753155 Fax. (021) 8758061, 87916647 email: info@bakosurtanal.go.id

SISTEM INFORMASI GEODESI BAKOSURTANAL  
JARING KONTROL VERTIKAL NASIONAL

TTG  
1040

DESKRIPSI TANDA TINGGI GEODESI

Nomor Pilar	: 1040	Nama Setempat	: Halaman Kantor Pajak Krian
Desa	: Kemasan	Kecamatan	: Krian
Kabupaten/Kota	: Sidoarjo	Propinsi	: JAWA TIMUR
Pengamatan Oleh	: PT. NARCON	TGL. Pasang	: 20 Apr' 85
Jenis TTG	: Pilar Tinggi Biasa	Simpul	: Bukan simpul
Nomor Jalur	: 53	Jalur	: Waru - Jombang

Lintang =  $-7,399722$  derajat

Bujur =  $112,593613$  derajat

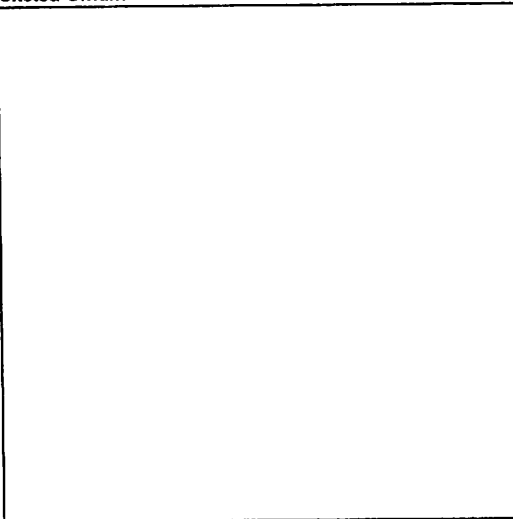
Tinggi =  $11,567$  Meter

Standar Deviasi Tinggi =  $16,3$  Millimeter

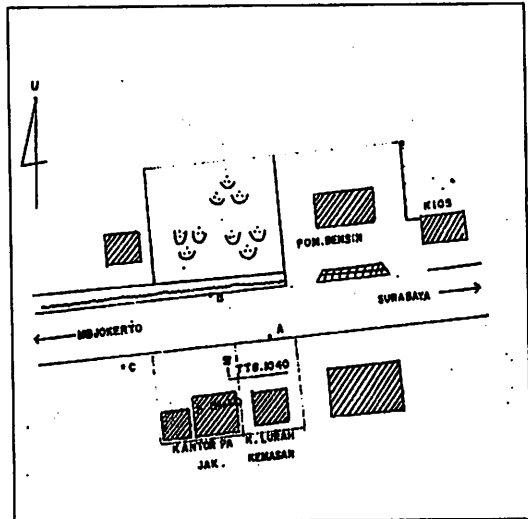
KETERANGAN

- Catatan : Posisi horisontal didapat dari hasil interpolasi peta AMS 1964, skala 1 : 50.000
- Datum Tinggi : Rata-rata dari Muka Air Laut rata-rata di stasiun pasut Tanjungpriok (Jakarta) dan Tanjungperak (Surabaya).
- Sistem Tinggi : Ortometrik
- Uraian Lokasi : Terletak di halaman Kantor Pajak Krian, kiri jalan arah Surabaya - Mojokerto. Pada Km. 28.1 Surabaya, Km. 13.1 dari Sepanjang, Km. 20.9 dari Mojokerto.

Sketsa Umum



Sketsa Detail



Catatan : Bila pilar hilang / rusak, hubungi alamat diatas.

Dibuat Tahun : 2004

Dicetak Tanggal :

09/03/2005 9:45:16



BADAN KOORDINASI SURVEI DAN PEMETAAN NASIONAL  
(BAKOSURTANAL)  
BIDANG KERANGKA GEODESI - PUSAT GEODESI DAN GEODINAMIKA  
Jl. Raya Jakarta - Bogor Km. 46 Cibinong 16911 PO Box 46 CBI  
Telp. (021) 8758061, 8753155 Fax. (021) 8758061, 87916647 email: info@bakosurtanal.go.id  
SISTEM INFORMASI GEODESI BAKOSURTANAL  
JARING KONTROL VERTIKAL NASIONAL

TTG  
1041

### DESKRIPSI TANDA TINGGI GEODESI

Nomor Pilar	: 1041	Nama Setempat	: Desa Kemangan
Desa	: Kemangan	Kecamatan	: Krian
Kabupaten/Kota	: Sidoarjo	Propinsi	: JAWA TIMUR
Pengamatan Oleh	: PT. NARCON	TGL. Pasang	: 20 Apr' 85
Jenis TTG	: Pilar Tinggi Biasa	Simpul	: Bukan Simpul
Nomor Jalur	: 53	Jalur	: Waru - Jombang

Lintang =  $-7,411111$  derajat      Bujur =  $112,565834$  derajat

Tinggi = 13,327 Meter

Standar Deviasi Tinggi = 16,3 Millimeter

### KETERANGAN

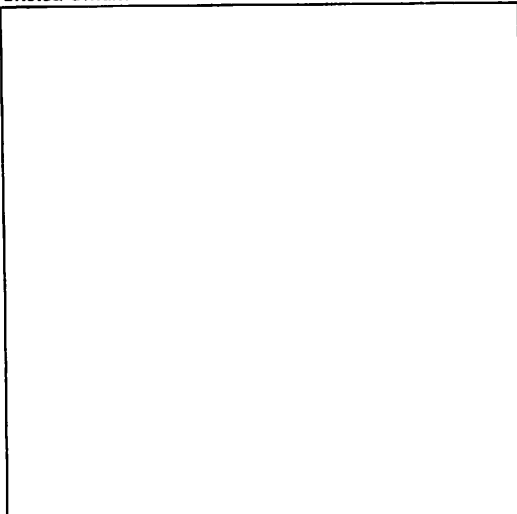
Catatan : Posti horisontal didapat dari hasil interpolasi peta AMS 1964, skala 1 : 50.000

Datum Tinggi : Rata-rata dari Muka Air Laut rata-rata di stasiun pasut Tanjungpriok (Jakarta) dan Tanjungperak (Surabaya).

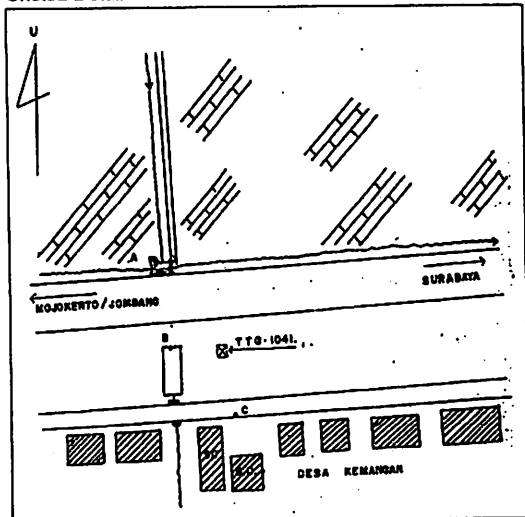
Sistem Tinggi : Ortometrik

Uralan Lokasi : Terletak di tepi jalan desa Kemangan, kiri jalan arah Surabaya - Jombang. Pada Km. 31.3 Surabaya, Km. 1.3 dari Krian dan Km. 17.7 dari Mojokerto.

### Sketsa Umum



### Sketsa Detail



Catatan : Bila pilar hilang / rusak, hubungi alamat diatas.

Dibuat Tahun : 2004

Dicetak Tanggal :

09/03/2005 9:44:35

No_ttg	Lb_peta	Nama_Setempat	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Propinsi	Ijin_Lok	Kontraktor	Tgl_Pasang	Nos	Lin_Der
1037	1608 - 2	Desa Gilang	Gilang	Taman	Sidoarjo	Jawa Timur		PT. NARCON	270485	S	7
1038	1608 - 2	Halaman Balai Penelitian Industri	Trosobo	Taman	Sidoarjo	Jawa Timur		PT. NARCON	270485	S	7
1039	1608 - 2	Halaman Balai Desa Sinderejo	Sinderejo	Krian	Sidoarjo	Jawa Timur		PT. NARCON	210485	S	7
1040	1608 - 4	Halaman Kantor Pajak Krian	Kemasan	Krian	Sidoarjo	Jawa Timur		PT. NARCON	200485	S	7
1041	1608 - 4	Desa Kemangan	Kemangan	Krian	Sidoarjo	Jawa Timur		PT. NARCON	200485	S	7
1042	1608 - 4	Desa Balongbendo	Balong Bendo	Krian	Sidoarjo	Jawa Timur		PT. NARCON	200485	S	7
1043	1608 - 4	Tepi Jalan raya Krian - Mojokerto	Balong Bendo	Krian	Sidoarjo	Jawa Timur		PT. NARCON	160485	S	7
1044	1508 - 6	Tanggul Irigasi	Kampung Tado	Balongbendo	Sidoarjo	Jawa Timur		PT. NARCON	260485	S	7
1045	1508 - 6	Jalan tol Mojokerto	Lengkong	Mojokerto	Mojokerto	Jawa Timur		PT. NARCON	260485	S	7
1046	1508 - 6	Jembatan Pagersari	Gunungsari	Pagersari	Mojokerto	Jawa Timur		PT. NARCON	260485	S	7

Lin_Men	Lin_Sec	Eow	Buj_Der	Buj_Men	Buj_Sec	Nama_Peta	Scale	Jenis_TTG	Orde	No_Lup	Jalur	No_Jalur	Simpul_No	Target_a	Target_b
21	19	T	112	39	48	AMS 1964	50.000	PTB	I	XIX/XX	Waru - Jombang	53	Bukan Simpul	Baut	Baut
22	26	T	112	38	18	AMS 1964	50.000	PTB	I	XIX/XX	Waru - Jombang	53	Bukan Simpul	Baut	Baut
22	55	T	112	36	49	AMS 1964	50.000	PTB	I	XIX/XX	Waru - Jombang	53	Bukan Simpul	Baut	Baut
23	59	T	112	35	37	AMS 1964	50.000	PTB	I	XIX/XX	Waru - Jombang	53	Bukan Simpul	Baut	Baut
24	40	T	112	33	57	AMS 1964	50.000	PTB	I	XIX/XX	Waru - Jombang	53	Bukan Simpul	Baut	Baut
24	40	T	112	31	58	AMS 1964	50.000	PTB	I	XIX/XX	Waru - Jombang	53	Bukan Simpul	Baut	Baut
24	56	T	112	30	3	AMS 1964	50.000	PTB	I	XIX/XX	Waru - Jombang	53	Bukan simpul	Baut	Baut
25	37	T	112	28	41	AMS 1964	50.000	PTB	I	XIX/XX	Waru - Jombang	53	Bukan Simpul	Baut	Baut
27	20	T	112	27	13	AMS 1964	50.000	PTB	I	XIX/XX	Waru - Jombang	53	Bukan Simpul	Baut	Baut
29	0	T	112	26	47	AMS 1964	50.000	BM	I	XIX/XX	Waru - Jombang	53	Bukan simpul	Baut	Baut



Target c	Az a1	Az a2	Az a3	Az b1	Az b2	Az b3	Az c1	Az c2	Az c3	Jarak a	Jarak b	Jarak c	Beda Ting a	Beda Ting b	Beda Ting c
Baut	118	41	0	71	34	0	166	4	0	38.3	25.6	29.5	-0.031	-0.023	0.251
Baut	213	0	0	53	34	0	100	47	0	14.2	17.6	18	0.352	-0.017	0.084
Baut	234	19	0	149	22	0	65	47	0	13.6	5.4	27.5	-0.241	-0.238	0.698
Baut	42	2	0	295	12	0	220	40	0	14	22.2	48	-0.296	0.052	-0.259
Baut	340	56	0	249	20	0	138	30	0	21.8	9.3	12	-0.179	-0.057	-0.123
Baut	106	27	0	34	1	0	273	45	0	18.6	57.4	56	0.193	0.437	-0.609
Baut	86	56	0	331	48	0	226	24	0	18.8	10.2	39	0.013	-0.201	0.011
Baut	84	22	0	266	46	0	334	51	0	3.8	19.2	25.4	-0.286	-1.044	0.886
Baut	103	48	0	178	58	0	13	16	0	37.3	7	8	0.078	-0.277	-0.223
Baut	1	30	0	27	15	0	238	25	0	29.5	33.5	16.5	0.74	-0.141	-0.374

Ket_a	Ket_b	Ket_c
Baut di pasang pada tembok batas desa	Baut di pasang pada pilar bina marga	Baut dipasang pada tembok pagar
Baut di pasang pada pilar	Baut di pasang pada pilar	Baut dipasang pada tembok papan nama
Baut di pasang pada pilar	Baut di pasang pada tembok saluran	Baut di pasang pada pilar
Baut di pasang pada pilar	Baut di pasang pada pilar	Baut di pasang pada pilar bina marga
Baut di pasang pada pintu air	Baut di pasang pada pintu air	Baut di pasang pada pilar
Baut di pasang pada pilar	Baut di pasang pada pilar	Baut di pasang pada pilar
Baut di pasang pada pilar	Baut di pasang pada pilar	Baut di pasang pada gorong - gorong
Baut di pasang pada pilar	Baut di pasang pada pilar	Baut di pasang pada pilar
Baut di pasang pada pilar	Baut di pasang pada tembok irigasi	Baut di pasang pada pilar
Baut di pasang pada tembok kali	Baut di pasang pada tembok kali	Baut di pasang pada tembok pilar

### Lok Umum

Terletak di tepi jalan raya Galang, sebelah kanan jalan arah Surabaya - Jombang. Pada Km. 19.5 dari Surabaya, Km. 4.1 dari Sepanjang

Terletak di halaman Balai Penelitian Industri, kanan jalan arah Surabaya - Jombang. Pada Km. 21.5 Surabaya, km. 6.5 Sepanjang, Km. 27.5 Mojokerto.

Terletak di halaman Kantor Desa Sinderejo, kanan jalan arah Surabaya - Mojokerto. Pada Km. 24.9 Surabaya, Km. 9.9 dari Sepanjang Km. 24.1 dari Mojokerto.

Terletak di halaman Kantor Pajak Krian, kiri jalan arah Surabaya - Mojokerto. Pada Km. 28.1 Surabaya, Km. 13.1 dari Sepanjang, Km. 20.9 dari Mojokerto

terletak di tepi jalan desa Kemangan, kiri jalan arah Surabaya - Jombang. Pada Km. 31.3 Surabaya, Km. 1.3 dari Krian dan Km. 17.7 dari Mojokerto.

Terletak di sebelah Dam Balongbendo, sebelah kiri kiri jalan arah Surabaya - Mojokerto. Pada Km.35.4 Surabaya, Km. 5.4 Krian, Km. 13.6 dari Mojokerto.

Terletak di pinggir jalan raya Belongbendo, kanan jalan arah Surabaya - Mojokerto. Pada Km.38.6 dari Surabaya, Km.8.6 dari Krian dan Km. 9.4 Mojokerto.

Terletak pada Tanggul Saluran Kali Todo, sebelah kiri jalan arah Surabaya - Jombang. Pada Km.41.8 dari Surabaya dan Km. 11.8 dari Krian.

Terletak di tepi jalan tol Mojokerto dekat dengan pintu air, sebelah kanan jalan arah Surabaya-Jombang. Pada Km.45.8 dari Surabaya, Km.15.8 Krian, Km.32.2 dari jombang.

Terletak di kepala jembatan Kali Pagersari, kiri jalan arah Surabaya - Jombang. Pada Km. 48.2 dari Surabaya, Km.18.2 Krian dan Km.30.8 dari Jombang.

Tanah	Dibuat	Tanggal	Diperiksa	Date	Tinggi	Tahun
Liat & berlumpur	Untung Waluyo	70985	Herwanto,BE	161285	8.156	0
Liat & berlumpur	Untung Waluyo	70985	Herwanto,BE	161285	7.626	0
Liat	Untung Waluyo	70985	Herwanto,BE	161285	9.395	0
Liat	Untung Waluyo	70985	Herwanto,BE	161285	11.567	0
Liat	Untung Waluyo	70985	Herwanto,BE	161285	13.327	0
Liat	Untung Waluyo	70985	Herwanto,BE	161285	14.524	0
Liat	Untung Waluyo	80985	Herwanto,BE	161285	16.390	0
Liat	Untung Waluyo	80985	Herwanto,BE	161285	19.678	0
Urugan & berbatu	Untung Waluyo	80985	Herwanto,BE	161285	18.821	0
Liat dan berpasir	Untung Waluyo	80985	Herwanto,BE	161285	20.235	0

## DAFTAR PERBANDINGAN NILAI UNDULASI GEOID LOKAL DAN GLOBAL

No. TTG	No.	Koordinat Geodetik								Undulasi Geoid	Undulasi Geoid	Undulasi Geoid
		Bujur				Lintang				Global	Belum Terkoreksi	Terkoreksi
		o	'	"		o	'	"		m	m	m
TTG 1037	11395	112	39	30	E	7	22	5	S	28.670	28.179	27.607
TTG 1038	10940	112	38	35	E	7	22	20	S	28.615	27.656	27.944
TTG 1039	9734	112	36	45	E	7	23	0	S	28.501	27.754	28.543
TTG 1040	7943	112	35	30	E	7	24	0	S	28.419	29.187	28.905
TTG 1041	6863	112	31	50	E	7	24	35	S	28.195	29.445	29.395
TTG 1042	6741	112	33	60	E	7	24	40	S	28.326	30.047	30.309
TTG 1043	6252	112	30	15	E	7	24	55	S	28.096	31.763	30.892
TTG 1044	5049	112	28	40	E	7	25	35	S	27.995	31.284	31.414
TTG 1045	2372	112	27	35	E	7	27	5	S	27.926	31.024	31.592
TTG 1046	2	112	27	25	E	7	28	25	S	27.923	31.641	31.381



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
JL. Sigura gura 2 Malang

Dosen Pembimbing : Ir. Rinto Sasongko, MT.  
Nama Mahasiswa : Bambang Setiawan  
NIM : 97.25.044  
Jurusan : Teknik Geodesi

### LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1.	14/02 '05	Daftar isi; semlutra CK Perbaiki bab I Lanjutkan draft bab II	
2.	17/02 '05	Bab I CK Bab II disempurnakan, (sistematis & isi; notasi rumus dll)	
3.	17/03 '05	Lanjutkan bab III dan mulai inventarisasi data s/d. proses (STCIRA!)	
4.	17/03 '05	Proses hit. pd. prinsipnya CK, masalah ketelitian GPS → konsultasi ke ke. plub II (P. D.K.) - Siapkan seminar hasil	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
JL. Sigura gura 2 Malang

Dosen Pembimbing: Ir. Dedy Kurnia Sunaryo MS. Tis.  
Nama Mahasiswa : Bambang Setiawan  
NIM : 97.25.044  
Jurusan : Teknik Geodesi

Ir. Rinto S.

### LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
5.	19/03 '05	Bab IV perlu lebih rinci / lengkap pembahasannya. Bab V (Kesimpulan & Saran) perlu diperbaiki isinya. Baca lagi ser. keseluruhan Bab I s.d. Bab V sebelum dipresentasikan dan seminar hasil	
6	31/03 '05	Telaah detail penulisan TA lengkap & telaah direvisi. Ace → bisa digital	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
JL. Sigura gura 2 Malang

Dosen Pembimbing: Ir. Dedy Kurnia Sunaryo MS. Tis.  
Nama Mahasiswa : Bambang Setiawan  
NIM : 97.25.044  
Jurusan : Teknik Geodesi

LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
01	08.03.05	bab 1 & bab II disempurnakan	f
02	09.03.05	menyusun bab III	f
03	14.03.05	sempurnakan desain perencanaan survey 681	f
04	15.03.05	sempurnakan formula penentuan undulasi & defleksi vertikal	f.
05	20.03.05	sempurnakan pembahasan terhadap hasil	f.
06	25.03.05	sempurnakan hasil & Langkah ke berikutnya	f.
07	29.03.05	sempurnakan berikutnya	f.
08	30.03.05	sempurnakan bab VII	f.