

# PENGGUNAAN EGM2008, EGM1996 DAN GPS-LEVELING UNTUK TINGGI UNDULASI GEOID DI SULAWESI

Dadan Ramdani

Staf Balai Penelitian Geomatika BAKOSURTANAL  
Jln. Raya Jakarta Bogor Km 46 Cibinong  
e-mail: dadan@bakosurtanal.go.id / dadanramdani@yahoo.com  
Tlp./Fax:021-87906041

## ABSTRACT

*GPS is used increasingly and commonly in the last past year in all aspect of live. But the height information in GPS is not the actual height. To convert it to actual height is needed geoid undulation. Geoid has three wavelenghts i.e. short, medium and long. From these three geoids, the long wavelength which is obtained from the global model is the important one to determinant the geoid. In 2008 Pavlis NK from NGA had established the global model (EGM2008) which has orde and degree of 2190. This global model was validated and is used to calculate the geoid undulation in Sulawesi. EGM2008 Validation was carried out with comparison between the geoid undulation of EGM2008 and EGM1996 with the geoid undulation from GPS-Leveling's observation data. The result of this validation shows that EGM2008 in Sulawesi has better results compare with EGM1996. The standard deviation of EGM2008 is 0.88 cm better than EGM1996.*

**Keywords:** *Geoids; EGM2008; GPS*

## PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya penggunaan *global positioning system* (GPS), kebutuhan akan tinggi geoid atau lebih tepatnya tinggi undulasi geoid juga meningkat. Hal ini dikarenakan tinggi yang dihasilkan oleh GPS tidak mencerminkan keadaan tinggi sebenarnya. Dengan demikian, perlu adanya koreksi dan ini dilakukan dengan penambahan informasi geoid. Definisi Geoid berdasarkan *National Geographic Survey* (NGS) Amerika Serikat: "*The equipotensial surface of the earth gravity's field which best fit, in a least squares sense, Global mean sea level*" atau bisa dikatakan bahwa geoid itu adalah salah satu bentuk pendekatan bumi dengan suatu bidang yang mempunyai nilai potensial yang sama, secara umum geoid bisa dikatakan sebagai permukaan rata-rata air laut.

Geoid digunakan sebagai acuan (datum) untuk pengukuran sipat datar (Gambar 1). Terdapat dua macam cara untuk mendapatkan geoid, yaitu

melalui pengukuran sipat datar (*Leveling*) yang dikombinasikan dengan GPS. Dan yang kedua adalah melalui perhitungan dengan rumus-rumus dari metode yang telah ada.

Pavlis *et al.*<sup>1</sup> pada tahun 2008 telah membuat suatu model gravitasi global yaitu *Earth Gravitational Model* 2008 (EGM2008). Sebagai data global yang paling baru EGM2008 telah memasukkan semua data di seluruh dunia baik dari satelit maupun dari pengukuran di lapangan hingga yang terbaru. Global model ini mempresentasikan keadaan bumi yang lebih mutakhir dibandingkan dengan *Earth Gravitational Model* 1996 (EGM1996).<sup>2</sup>

Pada tahun 2008 di Sulawesi telah diadakan pengukuran data gravitasi dengan menggunakan cara *airborne* gravimetri. Dari data *airborne* gravimetri ini kemudian dihitung geoidnya. Dalam perhitungan geoid ini dibutuhkan juga data model global. Dalam makalah ini akan dibahas apakah data EGM2008 ini lebih sesuai untuk digunakan di Sulawesi.

**TEORI**

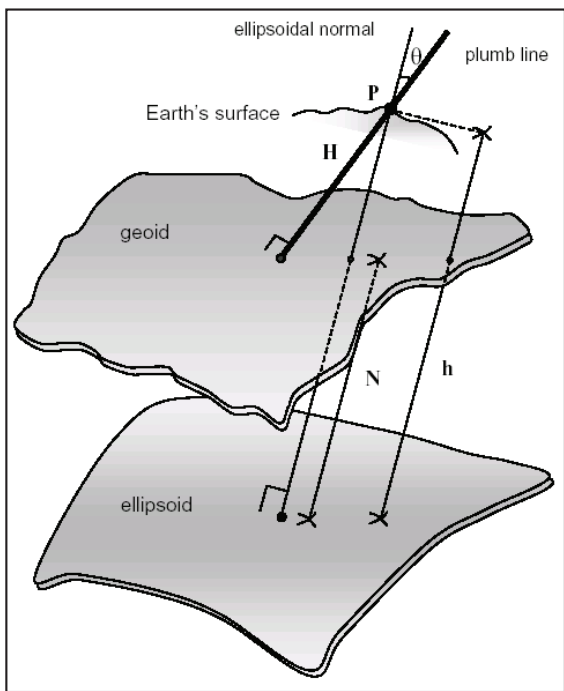
Geoid yang dihasilkan dari GPS dan *Leveling* terdapat hubungan yang erat satu sama lainnya yang terlihat pada rumus Heiskanen dan Moritz<sup>3</sup> (Gambar 1)

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

di mana: H adalah tinggi orthogonal yaitu tinggi yang sehari-hari kita pakai dan diukur dengan menggunakan alat *Leveling*, h adalah tinggi ellipsoid yaitu tinggi yang dihasilkan dari pengukuran tinggi menggunakan GPS, dan N adalah geoid yang dihasilkan dari data gravitasi

Dengan demikian, bila ada data tinggi dari GPS dan *Leveling* dengan persamaan di atas tinggi undulasi geoid bisa diperoleh. Demikian juga bila geoid dan tinggi ellipsoid dari GPS diketahui maka tinggi *orthometric* bisa juga diperoleh.

Geoid secara keseluruhan berasal dari tiga komponen. Pertama, geoid global ( $N_{GM}$ ) berasal dari data global yang mempunyai gelombang panjang. Kedua, geoid lokal ( $N_{Ag}$ ) berasal dari data lokal yang mempunyai panjang gelombang yang kecil. Ketiga, geoid topografi ( $N_H$ ) dari koreksi efek topografi yang mempunyai panjang gelombang yang menengah. Dari ketiga data yang



**Gambar 1.** Geoid dan Ellipsoid

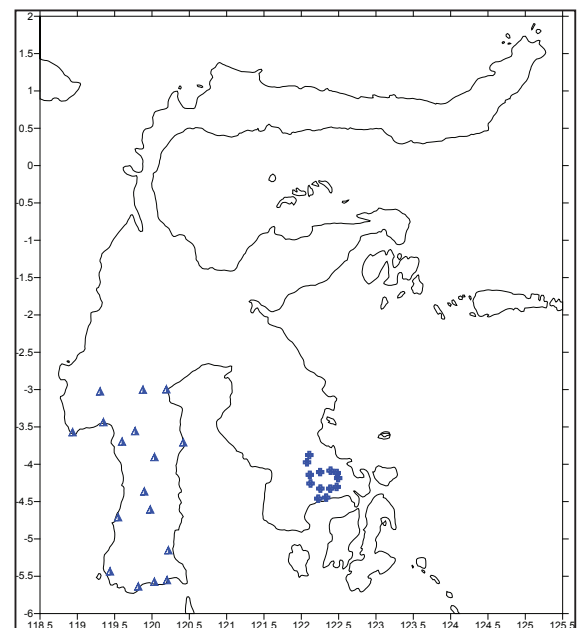
berkontribusi terhadap geoid ini yang paling berpengaruh adalah tinggi yang berasal dari data model global. Persamaan geoid yang berasal dari model global menurut Heiskanen dan Moritz<sup>3</sup> adalah.

$$N_{Gf}(\varphi, \lambda) = R \sum_{n=2}^N \sum_{m=0}^n (\bar{C}_m \cos m\lambda + \bar{S}_m \sin m\lambda) \bar{P}_m(\sin \varphi) \dots\dots\dots 2$$

di mana  $\varphi$  dan  $\lambda$  adalah koordinat yang akan dihitung, R adalah jarak dari pusat bumi ke titik yang akan dihitung, N adalah harga maksimal dari deraiat (m) dan orde (n) model global,  $C_{nm}$   $\bar{C}_{nm}$  dan  $S_{nm}$   $\bar{S}_{nm}$  adalah konstanta koefisien harmonik, sedangkan  $P_{nm}$   $\bar{P}_{nm}$  adalah fungsi polinomial legendre.

**METODOLOGI**

Untuk mengetahui dapat tidaknya model global EGM2008 ini bisa diterapkan di Sulawesi maka akan dibandingkan dengan data model global sebelumnya yaitu EGM1996 dan sebagai acuannya adalah data GPS-*Leveling*. Data koordinat GPS-*Leveling* dihitung dengan menggunakan persamaan 2 yang ada dalam program *hsynth\_WGS84* dari Holmes dan Palvis<sup>4</sup> untuk mendapatkan tinggi geoid dari data EGM2008, sedangkan untuk EGM1996 digunakan program LongWave dari Khafid.<sup>5</sup> Data koordinat yang diambil adalah lintang dan bujur.



**Gambar 2.** Sebaran Titik-titik yang Digunakan

Titik-titik GPS-*Leveling* di Sulawesi yang dijadikan sebagai data pembanding terbagi atas dua bagian, yaitu Sulawesi Selatan terdiri atas 17 titik dan Sulawesi Tenggara 13 titik (Gambar 2).

Dengan data GPS ( $h_{ell}$ ) dan *Leveling* ( $H_{ort}$ ) serta hasil perhitungan persamaan 2 maka ke-30 titik tersebut mempunyai ketiga jenis tinggi. Dengan demikian, persamaan 1 dapat digunakan untuk membandingkan ke 30 titik tersebut. Sebagai pembanding digunakan data pengamatan GPS dan *Leveling* ini dikarenakan data pengamatan ini jauh lebih teliti dibandingkan dengan data hasil perhitungan yang dilakukan Khafid.<sup>5</sup> Dari data ini diperoleh perbedaan antara tinggi geoid yang didapat dari hasil pengukuran GPS-*Leveling* dengan tinggi geoid yang didapat dari hasil perhitungan. Dari perbedaan ini dengan menggunakan

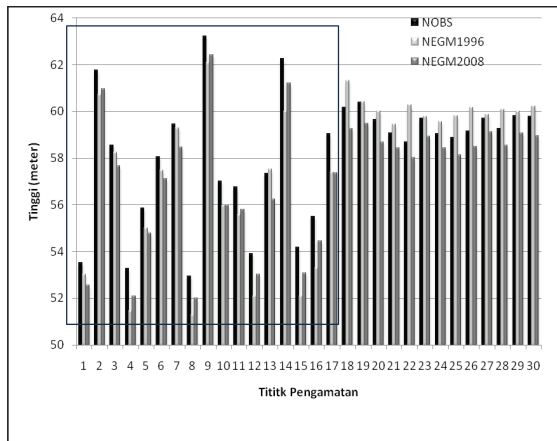
rumus statistik dapat dilihat model global yang mana yang lebih baik. Rumus statistik<sup>6</sup> yang akan digunakan dalam menganalisis adalah rata-rata, variansi dan standar deviasi, serta akan diuji kesamaan kelompoknya dengan uji T dua ekor. Semua rumus statistik yang digunakan ada dalam program *microsoft office excel*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Tabel 1 ditampilkan tempat, lintang, bujur, tinggi *orthometrik* ( $H_{ort}$ ), tinggi *ellipsoid* ( $h_{ell}$ ) dan Tinggi Geoid Pengamatan ( $N_{obs}$ ) yang berasal dari pengurangan  $h_{ell}$  dengan  $H_{ort}$  berdasarkan persamaan 1, Tinggi Geoid EGM1996 ( $N_{EGM1996}$ ) yang berasal dari perhitungan persamaan 2 dengan model global EGM1996, dan Tinggi

**Tabel 1.** Titik-titik yang Dihitung (dalam meter)

No	Tempat	Lintang	Bujur	$H_{ort}$	$h_{ell}$	$N_{obs}$	$N_{EGM1996}$	$N_{EGM2008}$
1	Rengas Barat	-3.56965511	118.936453	1.834	55.342	53.508	53.015	52.555
2	Nurul Huda	-3.02337422	119.304967	979.5	1041.27	61.77	60.73	60.96
3	Mami	-3.43503783	119.349983	2.373	60.919	58.546	58.251	57.683
4	Tugu Ranggong	-5.43377275	119.437537	3.288	56.57	53.282	51.466	52.083
5	Tala	-4.70857075	119.546652	2.153	58.006	55.853	54.994	54.775
6	Dusun Sukang	-3.69612753	119.598796	14.187	72.249	58.062	57.48	57.122
7	Bamba	-3.55517753	119.773381	57.347	116.805	59.458	59.302	58.479
8	Parangtinambung	-5.63545261	119.816913	49.254	102.194	52.94	51.284	52.016
9	Tallulolo	-3.00101142	119.878539	776.2	839.422	63.221	62.086	62.425
10	SDN 7 Solotungo	-4.36307958	119.897083	94.961	151.973	57.012	55.978	55.99
11	KUD Lalebata	-4.60497956	119.976933	106.74	163.51	56.77	55.592	55.81
12	SDN. Pajukukang	-5.57285197	120.032263	2.276	56.176	53.9	52.092	53.02
13	Tanrutedong	-3.90262419	120.033914	19.812	77.147	57.335	57.542	56.246
14	Palopo	-2.99489661	120.193072	3.498	65.752	62.254	60.016	61.217
15	DEPSOS	-5.55057186	120.201264	1.58	55.756	54.176	52.102	53.092
16	Tondong	-5.15083439	120.219732	110.87	166.368	55.498	53.289	54.446
17	SDN. 184 Siwa	-3.70550314	120.419726	1.626	60.662	59.036	57.401	57.359
18	SMUN Lambuya	-3.97385178	122.076301	41.747	101.912	60.165	61.325	59.265
19	Wawotobi	-3.87628078	122.107452	31.688	92.077	60.389	60.409	59.486
20	Motaha	-4.14070867	122.113278	36.122	95.776	59.654	60.008	58.676
21	Benua	-4.25731744	122.123176	59.9	118.985	59.085	59.457	58.441
22	Tinanggea	-4.45990942	122.226931	8.562	67.256	58.694	60.275	58.037
23	Mowila	-4.10482353	122.252799	68.033	127.741	59.708	59.784	58.928
24	Andoolo	-4.32521925	122.255352	79.249	138.301	59.052	59.568	58.437
25	Ulu Iakara	-4.44589103	122.333334	8.203	67.079	58.876	59.81	58.125
26	Onembute	-4.32571367	122.387369	51.227	110.39	59.163	60.175	58.484
27	Amoito	-4.08509947	122.391515	79.698	139.409	59.711	59.867	59.121
28	Lainea	-4.30312531	122.472961	18.233	77.503	59.27	60.099	58.563
29	Lambusa	-4.11635383	122.474798	24.963	84.77	59.807	60.001	59.063
30	Wolasi	-4.18554547	122.493767	124.83	184.606	59.78	60.236	58.955



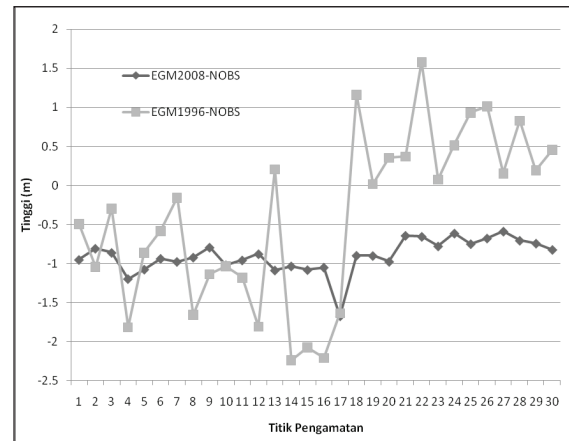
**Gambar 3.** Tinggi Undulasi Geoid di Titik Pengamatan

Geoid EGM2008 ( $N_{\text{egm2008}}$ ) yang berasal dari perhitungan persamaan 2 dengan model global EGM2008. Nilai tertinggi untuk  $N_{\text{obs}}$  adalah 63,221 m,  $N_{\text{EGM1996}}$  adalah 62,086 m dan  $N_{\text{EGM2008}}$  adalah 62,425 m. Nilai terendah untuk  $N_{\text{obs}}$  adalah 63,221 m,  $N_{\text{EGM1996}}$  adalah 62,086 m dan  $N_{\text{EGM2008}}$  adalah 62,425 m.

Dalam Gambar 3 terlihat dari data nomor 1 sampai 17 penyebarannya tidak rata dibandingkan dengan data dari nomor 18 sampai 30. Ini disebabkan di daerah Sulawesi Selatan letak dari titik-titik yang digunakan sangat menyebar, sedangkan di daerah Sulawesi Tenggara terkumpul (Gambar 2).

Pada Gambar 4 ditampilkan sebaran titik-titik yang digunakan dalam makalah ini. Sebaran EGM1996 terlihat lebih bervariasi dibandingkan EGM2008 atau dapat dikatakan bahwa EGM2008 lebih homogen dibandingkan dengan EGM1996. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2, koefisien variansi EGM2008 nilai absolutnya (0,238429) lebih kecil dibanding EGM1996 (2,656462). Tinggi geoid dari EGM1996 terlihat ada perbedaan antara data yang dikotak dengan yang lain. Perbedaan ini terjadi karena adanya perbedaan datum antara data Sulawesi Selatan dengan Sulawesi Tenggara, namun perbedaan datum ini tidak terlihat pada EGM2008.

Pada Tabel 2 ditampilkan statistika dari hasil Pengurangan  $U_1$  dan  $U_2$ , di mana  $U_1$  adalah hasil pengurangan dari  $N_{\text{EGM1996}}$  dengan  $N_{\text{obs}}$  sedangkan  $U_2$  adalah pengurangan dari  $N_{\text{EGM2008}}$  dengan  $N_{\text{obs}}$ .  $U_1$  mempunyai Variansi ( $\sigma^2$ ) sebesar 1,19417, dengan standar deviasi ( $\sigma$ ) sebesar



**Gambar 4.** Sebaran Harga Selisih Tinggi Geoid di Sulawesi

**Tabel 2.** Stastik Hasil Pengurangan (Dalam Meter)

	$U_1$	$U_2$
N	30	30
Maximum	1.581	-0.59
Minimum	-2.238	-1.677
Rata-rata	-0.41137	-0.90387
$\sigma^2$	1.19417	0.04644
$\Sigma$	1.0928	0.2155
Koefisien Varian	-2.656462	-0.238429
T-hitung	0.0098	

1,09278 m dan  $U_2$  mempunyai Variansi ( $\sigma^2$ ) sebesar 0,215508, standar deviasi ( $\sigma$ ) sebesar 0,46423 m.  $U_1$  mempunyai rata-rata sebesar 1,581 m dan beda tinggi maksimum sebesar -0,41137 m dan minimum sebesar -2,238 m sedangkan  $U_2$  mempunyai rata-rata sebesar -0,590 m, kemudian beda tinggi maksimum sebesar -1,677 m dan minimum sebesar -0,90387 m.

Dilihat dari rata-rata, tinggi geoid dari EGM1996 lebih tinggi dibandingkan dengan EGM2008, rata-rata EGM2008 lebih tinggi sekitar setengah meter. Dilihat dari standar deviasi EGM2008 ternyata lebih bagus penyebarannya dibandingkan dengan EGM1996, penyebaran EGM2008 0.8773 m lebih bagus dibandingkan EGM1996.

Kesamaan kelompok kedua data tersebut dapat diuji dengan menggunakan statistik uji T dua ekor. Hasil hitungan nilai T-hitung adalah 0,0098. Dengan demikian, tingkat kesamaan

EGM2008 dan EGM1996 diterima dalam taraf signifikansi 0,0098. Ini berarti ada sekitar 1 data yang sama dari 100

### **KESIMPULAN**

Dilihat dari standar deviasi EGM2008 lebih baik dari pada EGM1996. Penyebaran EGM2008 ternyata lebih kecil dibandingkan dengan EGM1996. Adapun menurut hasil tes statistik dengan uji T dua ekor menunjukkan bahwa EGM2008 dan EGM1996 mempunyai tingkat kesamaan dengan taraf signifikansi sekitar 0,98%. Dapat dikatakan bahwa perbedaan dari kedua data tersebut jelas terlihat.

Dari standar deviasi EGM2008 bisa dikatakan lebih baik sekitar 0,88 m dibandingkan dengan EGM1996. Dan untuk selanjutnya EGM2008 direkomendasikan untuk digunakan dalam perhitungan tinggi undulasi geoid di wilayah Sulawesi.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih disampaikan atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan dalam menyusun makalah ini kepada Bapak Prof. Riset. Masno Ginting, M.Sc.

### **REFERENSI**

- <sup>1</sup>Pavlis, N.K., S.A. Holmes, S.C. Kenyon, and J.K. Factor. 2008. An Earth Gravitational Model to Degree 2160: EGM2008, presented at *the 2008 General Assembly of the European Geosciences Union*, Vienna, Austria, April 13–18.
- <sup>2</sup>Lemoine F.G. *et al.* 1998. *The development of the joint NASA GSFC and the National Imagery and Mapping Agency (NIMA) geopotential model EGM1996*, NASA Technical Publication 1998-206861, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland.
- <sup>3</sup>Heiskanen, W.A., and H. Moritz. 1967. *Physical Geodesy*, W.H. Freeman and Co., San Francisco.
- <sup>4</sup>Holmes, Simon A., and N.K. Pavlis. 2008. *A FORTRAN PROGRAM FOR VERY-HIGH-DEGREE HARMONIC SYNTHESIS*.
- <sup>5</sup>Khafid. 2008. *Programming dengan MATLAB PERHITUNGAN GEOID*.
- <sup>6</sup>Siregar, Syafaruddin. 2004. *Statistika Terapan untuk Penelitian*. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia.