

Perapatan Gayaberat dengan teknik Airborne Gravimetry

Dadan Ramdani
Bakosurtanal

Abstract

Airborne gravimetry is a new technique to collect the gravity data from an airplane. It is fast, effective and can cover large area in compare to conventional technique. After good airborne gravimetry experiences in Malaysia and Mongolia, the Geodynamics Department of the Danish National Survey and Cadastre and BAKOSURTANAL caried out a survey in Sulawesi Island and a small part of East Kalimantan in September until November 2008. Initial assessment of the resulting accuracy indicates a noise level around 2.4 mGal which implies that a geoid accuracy of around 10 cm.

Pendahuluan

Penggunaan GPS sekarang ini semakin meningkat. Namun peningkatan ini masih kurang dari segi tinggi. Penggunaan tinggi di GPS ini harus dikoreksi dengan tinggi undulasi (geoid) sehingga tinggi GPS yang mengacu di atas ellipsoid bisa dikoreksi menjadi tinggi orthometris.

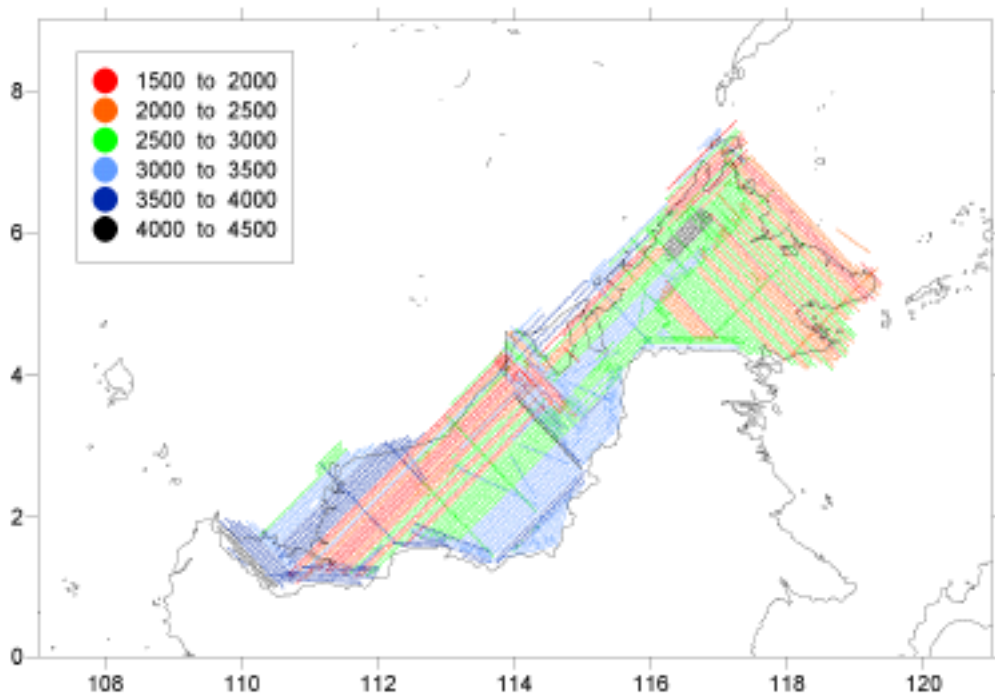
Untuk menghitung tinggi geoid ini diperlukan data gayaberat teliti. Sayangnya di Indonesia ini data gayaberat yang teliti tidak mencukupi untuk bisa menghitung geoid. Data gayaberat Indonesia yang dikumpulkan Badan Geologi di Bandung cukup lengkap namun dari segi ketelitian belum memenuhi syarat untuk menghitung geoid teliti. Sedangkan data gayaberat yang ada di BAKOSURTANAL cukup teliti namun dari segi kerapatannya tidak mencukupi untuk menghitung geoid di Indonesia.

Teknik airborne gravimetry adalah mengukur gayaberat dari gravimeter yang dipasang di pesawat dan dapat digunakan untuk mengukur pada daerah-daerah yang sulit diukur seperti daerah pengunungan dan laut terutama daerah sekitar pantai.

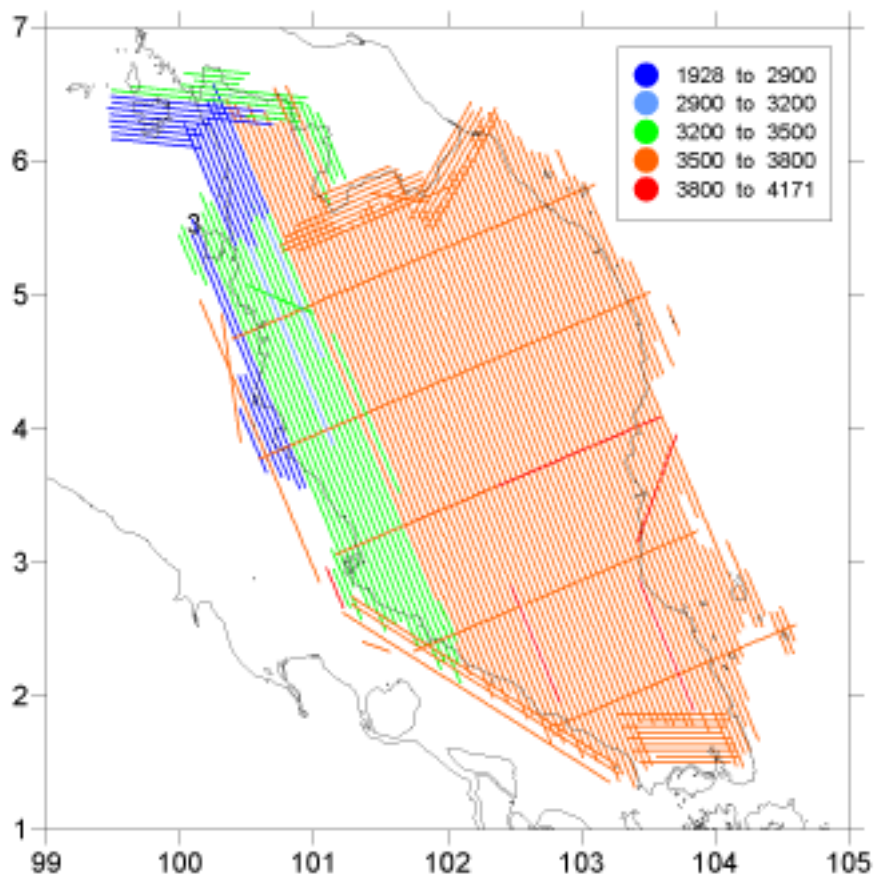
Dalam pengukuran airborne gravimetry ini ada 2 hal yang harus diperhatikan yaitu gaya gravitasi dan gaya yang dihasilkan dari pergerakan pesawat. Dengan teknik airborne gravimetry dapat dihasilkan ketelitian sekitar 2 mGal dengan resolusi 6 km. Dalam kondisi optimal yaitu pada keadaan sedikit turbulensi dan permukaan yang rata, pengukurannya dapat menghasilkan ketelitian sekitar 1 mGal (Olesen 2003).

Pengukuran dengan airborne gravimetry ini adalah cepat dan efisien dengan cakupan yang luas. Dengan gravimeter konvensional diperlukan waktu dan dana yang tidak sedikit. Untuk mengukur gayaberat di Sulawesi dengan gravimeter konvensional diperlukan waktu cukup lama, sekitar empat tahun dengan asumsi setiap bulan dapat menyelesaikan areal 60 km x 60 km. Dengan pertimbangan ini maka survei dengan menggunakan airborne gravimetry menjadi pilihan yang tepat.

Airborne gravimetry dengan tujuan untuk membuat model geoid nasional yang bagus pernah dilaksanakan di Malaysia (tahun 2002 dan 2003) yang bekerja sama dengan Denmark (*Geodynamics Dept. of the Danish National Survey and Cadastre - KMS*; semenjak 1 Januari 2004 menjadi bagian dari the *Danish National Space Center*). Pada gambar 1 dan 2 bisa dilihat jalur terbang di Malaysia. Ketelitian *cross over* bisa dilihat di tabel 1 dan 2.



Gambar 1, Jalur terbang di Malaysia timur. Pewarnaan menandakan tingginya terbang



Gambar 2: Jalur terbang di semenanjung Malaysia. Pewarnaan menandakan tingginya terbang

Tabel 1: Analisa Cross-over data airborne Gravimetry di Malaysia Timur

Unit: mgal	Mean x-over	R.m.s. x-over	R.m.s. error
Original free-air data at altitude	0.18	3.16	2.23
Bouguer anomalies at 2700 m	0.12	2.78	1.96
Do, after bias adjustment	-0.05	2.26	1.6

Sumber Rene Forsberg

Tabel 2: Analisa Cross-over data airborne Gravimetry di Semenanjung Malaysia

Unit: mgal	Mean x-over	R.m.s. x-over	R.m.s. error
Original free-air data at altitude	-0.09	2.37	1.68
Bouguer anomalies at 3400 m	-0.06	2.36	1.67
Do, after bias adjustment	-0.06	1.81	1.28

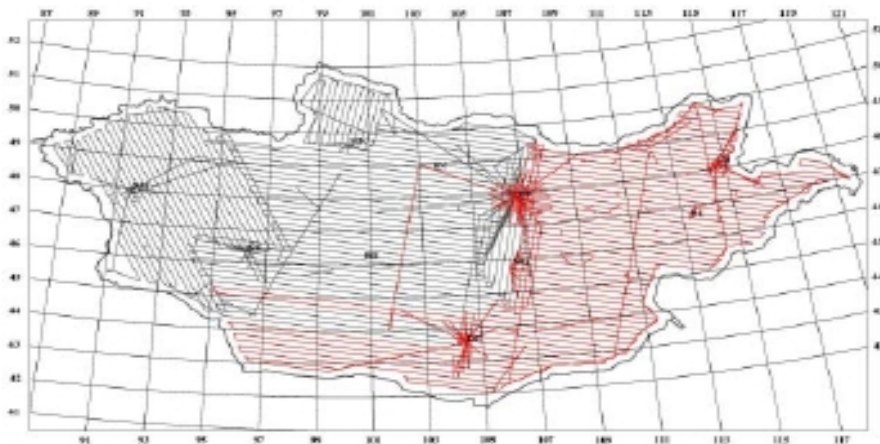
Sumber Rene Forsberg

Dengan keketelitian yang dihasilkan dalam pengukuran airborne gravimetry di Malaysia ini menghasilkan geoid dengan ketelitian 12 cm ini bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 3: Geoid comparison to GPS-levelling of geoids, Peninsular Malaysia (145 points)

Unit: m	Mean	standard dev.
Gravimetric geoid ("geoid12.gri")	0.72	0.12

Demikian juga Mongolia yang bekerjasama dengan the Danish National Space Center pernah mengadakan pengukuran airborne gravimetry yang jalur terbangnya bisa dilihat pada gambar 3 serta statistik dari kesalahan cross over bisa dilihat pada tabel 5.



Gambar 3: jalur terbang dari survei airborne gravity Mongolia bagian barat 2004 (hitam), dan Mongolia bagian timur 2005 (merah)

Tabel 4: Kesalahan Cross-over dari survei data airborne gravity di Mongolia, tanpa downward continuation Unit mGal.

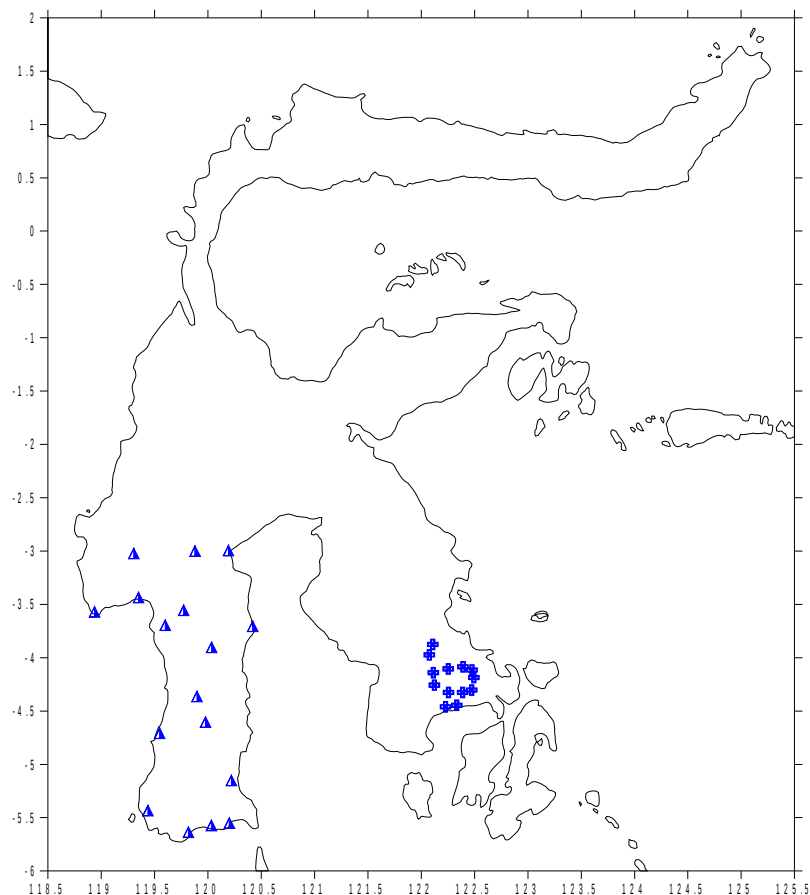
Year	No of x-ings	Max diff.	RMS diff.	RMS error
2004	201	9.5	3.1	2.2
2005	206	10	3.4	2.4

sumber Rene Forsberg, A. Olesen

Dari data airborne gravimetry ini geoid yang dihasilkan mempunyai ketelitian sekitar 10 cm (Rene Forsberg, 2005).

Geoid dari EGM 2008

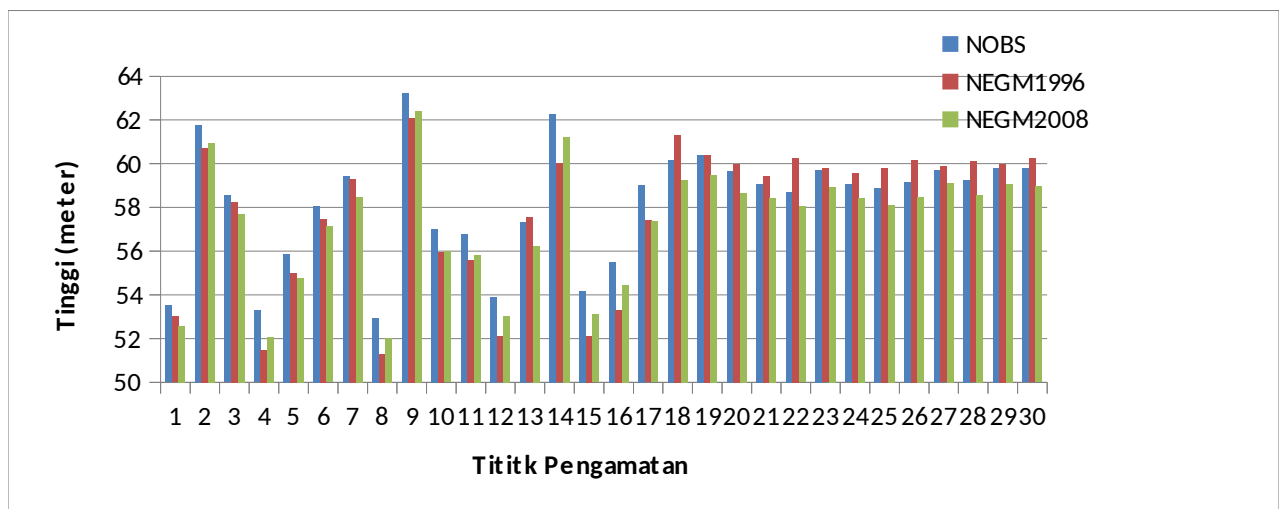
Dengan adanya EGM-2008 (Pavlis, 2008) yang mempunyai orde 2190, kesalahan geoid di Indonesia yang terjadi pada EGM 1996 (Lemoine F.G, 1998) tereduksi dengan signifikan. Dari pengalaman menggunakan data GPS-Levelling di Sulawesi (gambar 4) sebanyak 30 titik dengan rincian 17 titik di Sulawesi Selatan dan 13 titik di Sulawesi Tenggara, menghasilkan ketelitian EGM-2008 sebesar 0.878 m lebih bagus dari pada EGM-1996. Standar deviasi EGM-2008 adalah sebesar 0.216 m sedangkan standar deviasi EGM-1996 sebesar 1.194 m (table 6, Gambar 4 dan 5).



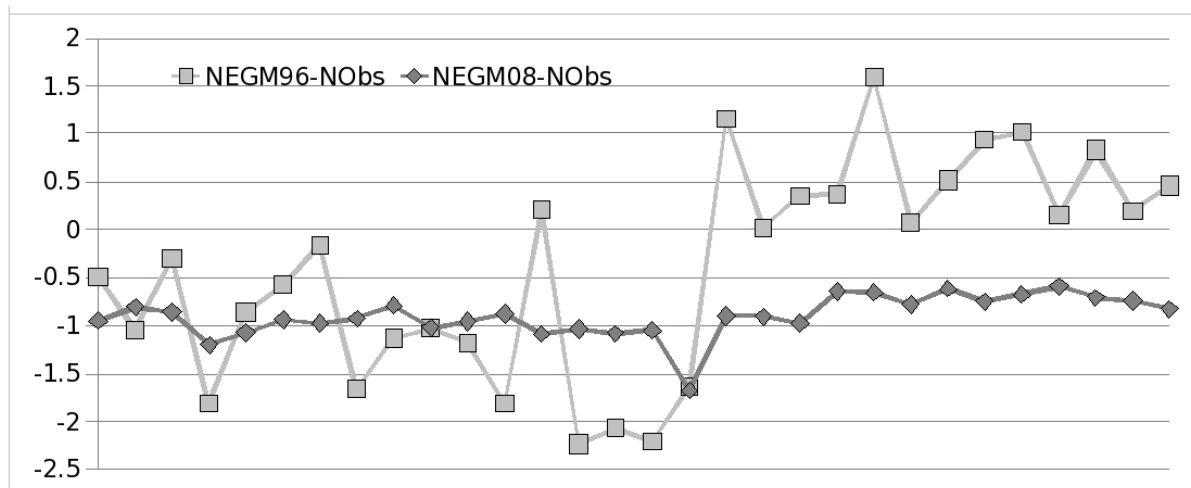
Gambar 3: Sebaran titik-titik GPS-Levelling di Sulawesi

Tabel 5: Stastik Hasil Pengurangan (dalam meter)

	NEGM96- N _{obs}	NEGM08- N _{obs}
N	30	30
Maximum	1.581	-0.59
Minimum	-2.238	-1.677
Rata-rata	-0.41137	-0.90387
Variansi	1.19417	0.04644
RMS	1.0928	0.2155



Gambar 4: Tinggi Undulasi Geoid di Titik Pengamatan



Gambar 5: Sebaran Harga Selisih Tinggi Geoid di Sulawesi

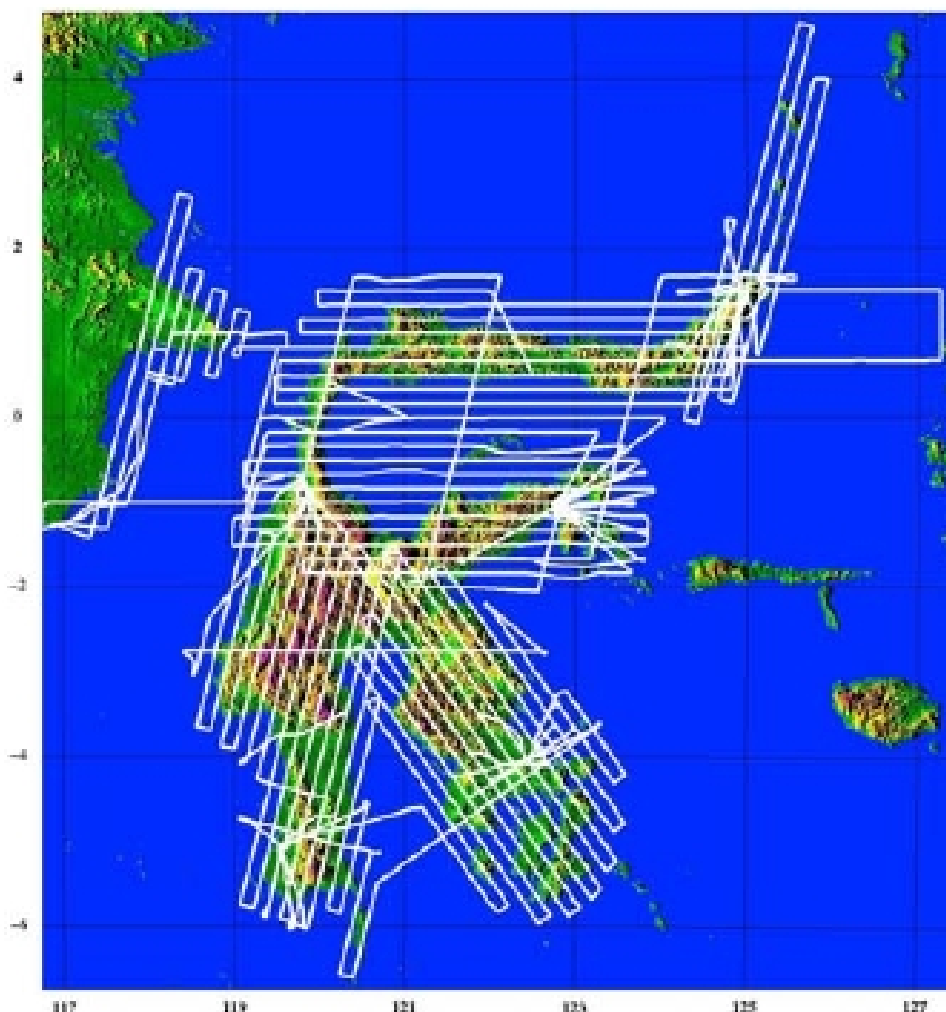
Pengukuran di Sulawesi

Untuk menutup kekurangan data untuk geoid di Indonesia, maka dari bulan september sampai nopember 2008 Bakosurtanal bekerjasama dengan DTU Denmark telah

mengadakan pengukuran airborne gravimetry di Sulawesi dan sebagian Kalimantan Timur sebagai bagian dari pengukuran gayaberat seluruh Indonesia. Untuk itu digunakan alat LaCoste & Romberg marine / airborne gravimeter L&R S-99, yang dipasangkan pada pesawat Cessna Grand Caravan 208B.

Pengukuran airborne gravimetry menggunakan lima bandar udara di Sulawesi dan satu bandara di Kalimantan Timur sebagai basis penerbangan. Bandara Makassar digunakan sebagai basis untuk mencakup daerah selatan Sulawesi, Kendari untuk mencakup daerah tenggara Sulawesi, Palu dan Luwuk untuk mencakup daerah tengah Sulawesi dan Manado untuk daerah utara Sulawesi sampai ke perbatasan Philipina. Untuk Kalimantan Timur digunakan bandara di Balikpapan.

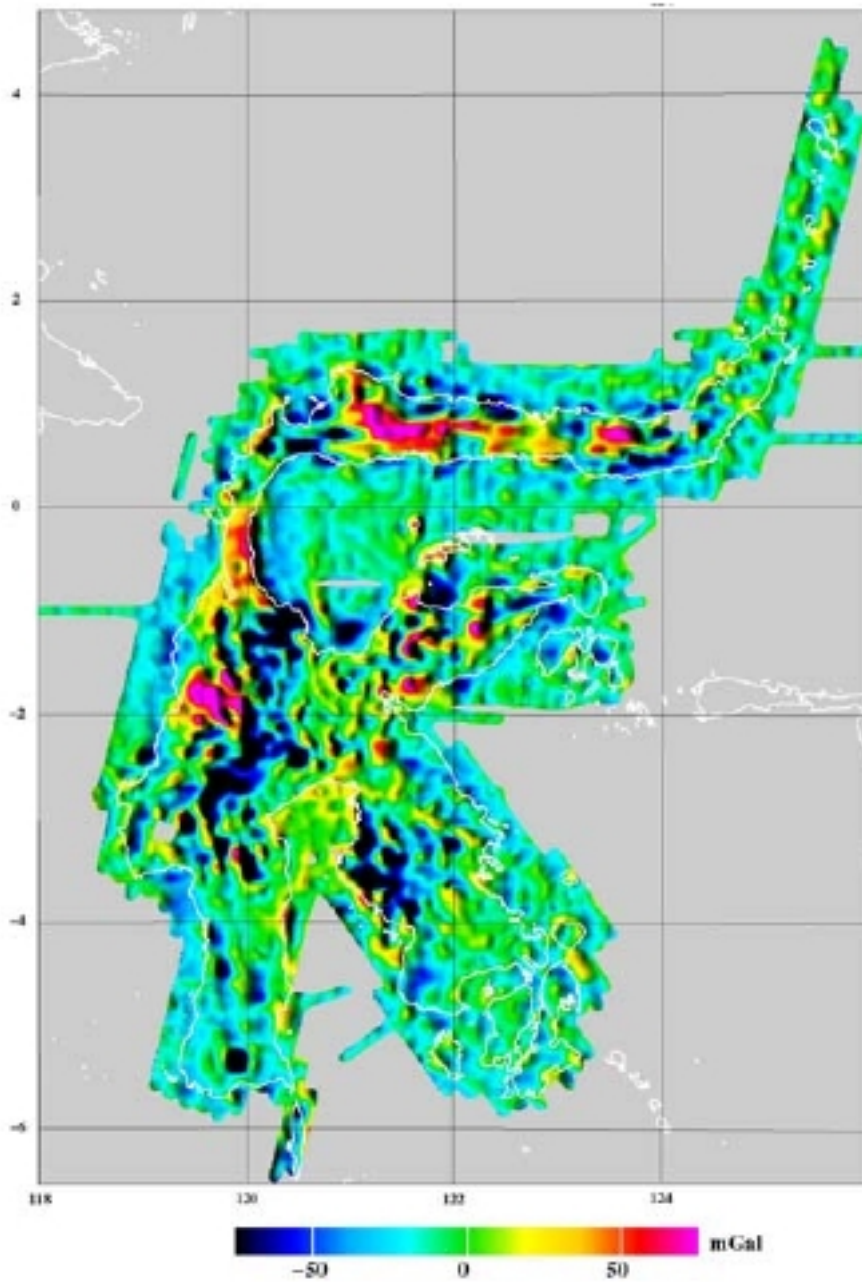
Setiap jalur terbang dengan jarak strip 10 nautical miles diterbangi sekitar empat sampai lima jam per hari dengan waktu penerbangan tidak lebih dari pukul 10 atau 11 pagi dikarenakan adanya turbulensi pada saat lebih dari waktu tersebut (gambar 6).



Gambar 6: Jalur terbang

Pengukuran airborne gravimetry ini menghasilkan anomali freeair (gambar 7) sebanyak 199 line crossings. Kesalahan pada crossing ini adalah sekitar 3.4 mGal (standard deviation of crossover mis-fit) dengan noise sekitar 2.4 mGal setiap jalur secara individu dengan asumsi

bahwa noise tidak mempunyai korelasi dari jalur ke jalur.



Gambar 7: Hasil Pengukuran Gayaberat di Sulawesi

Pada tabel 7 bisa dilihat perbandingan data hasil pengukuran airborne gravimetri dengan EGM-2008. Dengan ketelitian airborne gravimetri ini terlihat bahwa geoid yang dapat dihasilkan akan memiliki akurasi sekitar 10 cm.

Tabel 6: Perbandingan Data (MGal)

Data set	Mean	St.dv.	Range
----------	------	--------	-------

Airborne	63.6	66.8	-150 – 278
Airborne – EGM08	-3.9	22	-133 – 105
surface data – EGM08	-4.3	21.8	-89 – 100
Airborne – surface data	0.4	11.1	-43 – 31

Kesimpulan dan Saran

Sebagai model global, EGM-2008 menghasilkan ketelitian yang lebih bagus dibandingkan EGM-1996. Di Sulawesi, ketelitian EGM-2008 sekitar 30 cm, sedang EGM-1996 adalah 117 cm.

Di Malaysia dan Mongolia pengukuran dengan menggunakan airborne gravimetri dapat menghasilkan geoid dengan ketelitian dengan orde sekitar 10 cm. Dengan melihat hasil ini pengukuran airborne gravimetry di Sulawesi yang mempunyai ketelitian sekitar 2.4 mGal dan dengan penggunaan model Global EGM 2008 diharapkan juga dapat menghasilkan ketelitian Geoid sekitar 10 cm.

Referensi

- A.V.Olesen., A.F.Kasenda, E.Priyanto, R. Poerawiardi, **THE AIRBORNE GRAVIMETRY SURVEY TECHNIQUE FOR REGIONAL GEOID MAPPING IN INDONESIA**, Proceedings The 10th SEASC 4-7 August 2009 BICC, Nusadua, Bali Indonesia, ISBN 978-979-26-6953-4, p444-459
- Rene Forsberg, **Towards a cm-geoid for Malaysia**, 2004. www.ngii.go.kr.
- Rene Forsberg, A. Olesen, D. Munkhtsetseg, A. Amarzaya, **Downward continuation and geoid determination in Mongolia from airborne and surface gravimetry and SRTM topography**, 2005. ISPRS Proceeding Vol. XXXVII.
- Pavlis, N.K., S.A. Holmes, S.C. Kenyon, and J.K. Factor, **An Earth Gravitational Model to Degree 2160: EGM2008**, presented at the 2008 General Assembly of the European Geosciences Union, Vienna, Austria, April 13-18, 2008.
- Lemoine F.G., et al, **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, 1998.
- Olesen, A.V., 2003. **Improved Airborne Scalar Gravimetry for Regional Gravimetry Field Mapping and Geoid Determination**. Technical Report, National Survey and Cadastre (KMS), Copenhagen, Denmark