

# STUDI PENENTUAN NILAI UNDULASI DARI EGM 2008 DENGAN DERAJAT HARMONIK 360, 720 DAN 2190 Di PULAU JAWA

Nico Marcelino<sup>1</sup>, Rustandi Poerawardi<sup>2</sup>, Dadan Ramdani<sup>3</sup>, Dessy Apriyanti<sup>4</sup>

## ABSTRAK

Negara Indonesia yang mempunyai luas daratan 1.910.931,32 Km<sup>2</sup> (kemendagri, 2010) mempunyai sebaran Jaring Kontrol Geodesi yang berjumlah 7000 titik, dengan sebaran setiap titik yaitu 5 Km dan belum tersebar merata diseluruh wilayah Indonesia. maka pengukuran referensi tinggi untuk keperluan praktis pemetaan masih memerlukan waktu yang cukup lama serta biaya besar, terutama untuk daerah yang jauh ataupun belum mempunyai sebaran Jaring Kontrol Geodesi (JKG). EGM 2008 adalah salah satu solusi dalam mendapatkan nilai tinggi orthometrik yang dikombinasikan dengan nilai tinggi yang didapat dari pengamatan GNSS. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa Nilai Undulasi dari EGM 2008 dibagi menjadi derajat dan orde 360, 720 dan 2190. Mempunyai nilai Undulasi minimal dan maksimal masing - masing yaitu 16.297 m sampai dengan 34.644m di derajat dan orde maksimal 360, 16.056m sampai dengan 34.802m di derajat dan orde maksimal 720 dan 16.057m sampai dengan 34.495m di derajat dan orde maksimal 2190. Nilai Undulasi EGM 2008 dibandingkan terhadap nilai Undulasi Geometrik dari Jaring Kontrol Geodesi (JKG) yang tersebar di Pulau Jawa yang berjumlah 99 titik dan mempunyai 3 titik yang error dan 2 titik tidak mempunyai tinggi orthometrik, sehingga 5 titik JKG tersebut tidak dimasukkan dalam proses perhitungan. Nilai Undulasi EGM2008 dengan derajat dan orde masing – masing 360,720 dan 2190 terhadap nilai Undulasi geometrik JKG mempunyai nilai penyimpangan yang dinyatakan dengan standar deviasi yaitu pada derajat dan orde 360 adalah 49,5 cm , derajat dan orde 720 adalah 38,9 cm dan derajat dan orde 2190 adalah 36,8 cm. Dapat disimpulkan bahwa nilai undulasi EGM 2008 dengan derajat harmonik 2190 yang paling baik digunakan dengan standar deviasi 36.8cm.

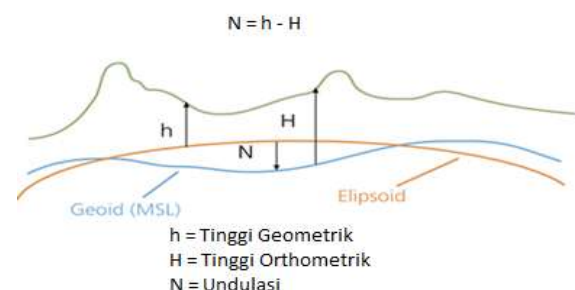
Kata Kunci : EGM 2008, Jaring Kontrol Geodesi, Undulasi Geoid, Model Geopotensial Global

## I. PENDAHULUAN

Geoid menurut National Geographic Survey (NGS) adalah *“the Equipotential Surface of the earth gravity’s field which best fit, in a least square sense, Global Mean Sea Level”* atau dapat dikatakan bahwa geoid adalah salah satu bentuk pendekatan bumi dengan suatu bidang yang mempunyai nilai potensial yang sama, secara umum geoid dapat dikatakan sebagai permukaan laut rata – rata dan geoid didefinisikan sebagai bidang equipotensial gayaberat atau bidang nivo yang berhimpit dengan permukaan laut rata – rata (tidak terganggu) (Kahar,2008). Oleh karena itu geoid dapat dikatakan model bumi yang mendekati sesungguhnya dan digunakan sebagai acuan (datum) vertikal yang merepresentasikan nilai ketinggian dimuka bumi

Tinggi yang berefensi dari bidang geoid disebut dengan tinggi orthometrik (H). Untuk mendapatkan nilai tinggi orthometrik dari nilai geoid diperlukan data tambahan yaitu tinggi

ellipsoid/geometrik (h) dan Undulasi (N). Dengan adanya tinggi geometrik dan nilai Undulasi yang maka tinggi orthometrik dapat di cari dimana persamaannya seperti berikut  $N = h - H$  (**Gambar 1**).

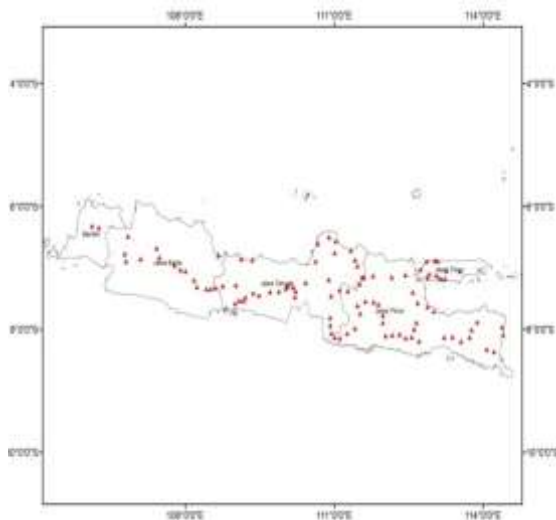


Gambar 1 Ilustrasi Undulasi

Ada beberapa metode untuk mendapatkan nilai undulasi tersebut yaitu dengan metode GNSS – Levelling yang dimana dalam satu titik di amati dengan teknologi GNSS dan diukur pula dengan alat levelling yang berreferensi tinggi dari nilai muka laut rata – rata

, dan juga ada metode gravimetrik yang dihitung dari nilai gayaberat dan gayaberat normal disuatu titik tersebut.

Nilai posisi serta nilai ketinggian di Indonesia ditandai dengan bentuk fisik berupa pilar yang dijadikan sebagai kerangka acuan yang disebut Jaring Kontrol Geodesi (JKG). Nilai Posisi (Lintang, Bujur, Tinggi Geometrik) yang ditandai dengan sebaran Jaring Kontrol Geodesi disebut Jaring Kontrol Horizontal Nasional (JKHN) dan Datum yang digunakan adalah SRGI2013. Badan Informasi Geospasial (BIG) telah membuat ketinggian orthometrik yang bereferensi pada nilai tinggi terhadap geoid tetapi karena belum tersedia secara memadai, maka digunakan permukaan laut rata – rata setempat yang sebaran titiknya ditandai oleh Jaring Kontrol Geodesi disebut Jaring Kontrol Vertikal Nasional (JKVN). Pulau Jawa yang memiliki luas daratan 129.438 km<sup>2</sup> (Badan Pusat Statistik, 2016) dibagi menjadi 6 provinsi yaitu Banten dengan sebaran JKG 2 titik, DKI Jakarta tidak mempunyai sebaran titik JKG, Jawa Barat mempunyai sebaran JKG 14 titik, Jawa Tengah mempunyai JKG 33 titik, DIY Yogyakarta tidak mempunyai sebaran JKG, dan Jawa Timur mempunyai TKG hanya 50 titik JKG dan keseluruhan mempunyai sebaran Jaring Kontrol Geodesi (JKG) dipulau Jawa sebanyak 99 titik JKG (**Gambar 2**). Tinggi orthometrik direpresentasikan dari nilai muka laut rata – rata di Jakarta dan Surabaya.



Gambar 2 Sebaran Jaring Kontrol Geodesi di Pulau Jawa

Sebaran Jaring Kontrol Geodesi di pulau Jawa masih dianggap belum tersebar merata di setiap provinsinya. Maka dalam perkerjaan praktis untuk daerah yang belum mempunyai JKG memerlukan biaya besar serta waktu yang lama dalam merepresentasikan nilai tinggi Orthometrik. Oleh karena itu EGM 2008 merupakan salah satu solusi untuk merepresentasikan tinggi orthometrik disuatu wilayah dari nilai Undulasi dari EGM 2008 yang dikombinasikan dengan tinggi ellipsoid dari pengukuran GNSS.

EGM 2008 atau Earth Geopotensial Model 2008 adalah Model Geopotensial Global yang dipublikasikan oleh National Geospatial – Intelligence Agency (NGA) dan salah satu model yang mempunyai data Anomaly Gravity ( $\Delta g$ ) dan nilai Undulasi Geoid (N). EGM 2008 terdiri dari kumpulan koefisien harmonik bola dari derajat terendah yaitu 2 hingga tertinggi yaitu 2190 (Catalao dan Sevilla, 2009) atau setara dengan 4.670.000 data. Data EGM 2008 mengkombinasikan data satelit Altimetri, data gayaberat terestris dan data gayaberat satellite GRACE dan Model Geopotensial ini memiliki resolusi 5' Bujur dan 5' Lintang (Pavlis,2012). EGM2008 mempunyai Informasi mengenai data koefisien harmonik bola, yaitu orde (n), degree (m), koefisien geopotensial (C,S) dan standar deviasi (sigma C, sigma S) (Pavlis,dkk,2008).

Dalam penelitian ini EGM 2008 dibagi menjadi 3 bagian derajat harmonik yaitu 360, 720, dan 2190 yang dimana dari 3 bagian derajat harmonik ini akan dicari nilai yang optimal digunakan dipulau Jawa untuk merpresentasikan tinggi Orthometrik.

## II. METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data koordinat geodetik (Lintang, Bujur, Tinggi Geometrik), data tinggi orthometrik dan data koefisien geopotensial dari EGM 2008.

Data koordinat geodetik (Lintang, Bujur, Tinggi Geometrik) didapatkan dari informasi data Jaring Kontrol Geodesi (JKG) di situs Badan Informasi Geospasial (BIG). Jaring Kontrol Geodesi yang berada dipulau Jawa memiliki 99 titik yang tersebar dari Banten

sampai dengan Pulau Madura. Sebaran titik tersebut dapat dilihat di **gambar 2**.

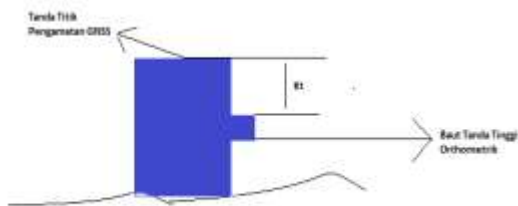
Pengolahan nilai undulasi (N) ini disebut Undulasi Geometrik, dikarenakan mengambil selisih nilai tinggi dari tinggi geometrik (h) dan tinggi orthometrik(H).

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

Di pilar JKG yang dibuat oleh BIG mempunyai perbedaan referensi tinggi geometrik dan tinggi orthometrik (**gambar 3**). maka dari itu persamaan 1 menjadi berikut :

$$N = h - (H + offset) \dots\dots\dots 2$$

Nilai offset yang penulis berikan sebesar 26 cm



Gambar 3 Pilar Jaring Kontrol Geodesi

*Earth Gravitation Model 2008* (EGM2008) adalah Model geopotensial Global yang dipublikasikan oleh *National Geospatial – Intelligence Agency* (NGA) dan salah satu model yang mempunyai data Anomaly Gravity ( $\Delta g$ ) dan nilai Undulasi Geoid (N). EGM 2008 terdiri dari kumpulan koefisien harmonik bola dari derajat terendah yaitu 2 hingga tertinggi yaitu 2190 (Catalao dan Sevilla, 2009) atau setara dengan 4.670.000 data dan data gravitasi pada EGM 2008 tidak memperhitungkan koreksi pasang surut yang diakibatkan gaya tarik menarik bumi dengan bulan (*Tide-Free*). Data EGM 2008 mengkombinasikan data satelit Altimetri, data gayaberat terestris dan data gayaberat satellite GRACE dan Model Geopotensial ini memiliki resolusi 5' Bujur dan 5' Lintang (Pavlis,2012). EGM2008 mempunyai Informasi mengenai data koefisien harmonik bola, yaitu orde (n), degree (m), koefisien geopotensial (C,S) dan standar deviasi (*sigma C*, *sigma S*) (Pavlis,dkk,2008). Data koefisien Geopotensial Global dari EGM 2008 dapat di

download di ([http://icgem.gfz-potsdam.de/tom\\_longtime](http://icgem.gfz-potsdam.de/tom_longtime)).

Konstanta WGS84 digunakan untuk mendefinisikan referensi ellipsoid dan bidang gayaberat normal. Konstanta tersebut adalah (NGA,2008) :

Tabel 1 Konstanta Ellipsoid WGS 84

Setengah Sumbu Panjang (a)	=	6378137.00 m
Penggepengan WGS84 (f)	=	1/298.257223563
Konstanta gravitasi (GM)	=	3.986004418 x 10 <sup>14</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>
Kecepatan Sudut Rotasi Bumi ( $\omega$ )	=	7292115 x 10 <sup>-11</sup> radian/sec

Nilai geopotensial model adalah kumpulan dari nilai geopotensial (nilai potensial yang berbeda/tidak teratur) yang ada di setiap permukaan bumi. Persamaan nilai geopotensial adalah penjumlahan dari nilai potensial gravitasi (V) dengan potensial sentrifugal ( $\Phi$ ), seperti berikut :

$$W(x, y, z) = V(x, y, z) + \Phi(x, y, z) \dots\dots\dots 3$$

$$V = G \iiint_v \frac{\rho}{r} dv \dots\dots\dots 4$$

$$\Phi = \frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2) \dots\dots\dots 5$$

Dimana :

- W = Potensial gayaberat
- V = Potensial Gravitasi
- G = Konstanta gravitasi Newton (66.7 x 10<sup>-9</sup> cm<sup>3</sup>g<sup>-1</sup>det<sup>-2</sup>)
- dv = Elemen Volume Bumi
- $\Phi$  = Potensial Sentrifugal
- $\rho$  = Densitas Massa Bumi

Dalam mencari nilai Undulasi dari Nilai geopotensial harus memerlukan Nilai Spheropotensial. Spheropotensial adalah nilai potensial yang teratur dipermukaan bumi dari bidang matematis (Ellipsoid). Persamaan

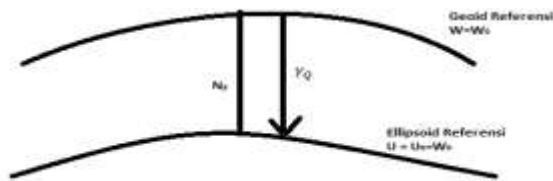
mencari nilai spheropotensial adalah penjumlahan dari potensial gravitasi di bidang ellipsoid ( $V'$ ) dengan potensial sentrifugal ( $\Phi$ ), sebagai berikut :

$$U = V'(x, y, z) + \Phi'(x, y, z) \dots\dots\dots 6$$

$$V' = G \rho_n \iiint_v \frac{dv}{r} \dots\dots\dots 7$$

$$\Phi = \frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2) \dots\dots\dots 8$$

Maka dalam mencari nilai undulasi geoid dari nilai potensial seperti berikut :



Gambar 4 Ilustrasi Ellipsoid Referensi dan Geoid Referensi

$$U = U_0 = W_0 = W$$

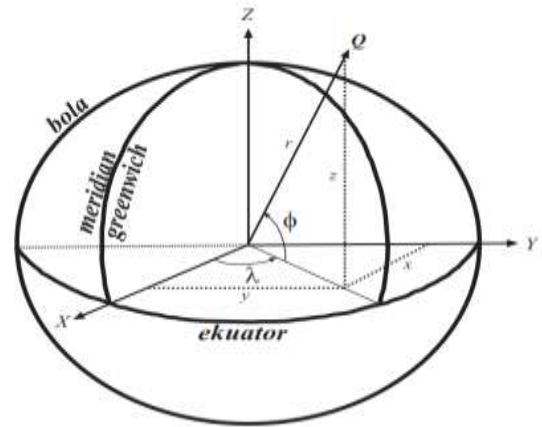
$$U_0 = W_0 - \gamma_Q N_p$$

$$U_0 - W_0 = \gamma_Q N_p$$

$$N_p = \frac{T_Q}{\gamma_Q} \dots\dots\dots 9$$

Persamaan 9 diatas disebut persamaan bruns. Yang dimana  $T$  adalah anomaly potensial/ anomaly disturbing yang dimana adalah selisih dari nilai geopotensial ( $W$ ) dan nilai spheropotensial ( $U$ ) dan  $\gamma$  adalah Gayaberat normal pada bola bumi.

Nilai anomaly potensial dapat dijabarkan dalam fungsi harmonik bola (Spherical Harmonic). Dikarenakan nilai  $V$  dan  $V' = 0$  yang memenuhi syarat persamaan *laplace*. Spherical harmonik adalah fungsi dalam sistem koordinat bola untuk merepresentasikan nilai disuatu titik. fungsi dari spherical harmonik untuk mencari nilai disuatu titik (potensial gravitasi), berikut persamaan fungsi  $r, \theta, \lambda$  (sistem koordinat bola) pada spherical harmonik :



Gambar 5 Sistem Koordinat Bola

$$v = f(r)g(\phi)h(\lambda) \dots\dots\dots 10$$

$$f(r) = r^n \text{ atau } f(r) = \frac{1}{r^{n+1}} \dots\dots\dots 11$$

$$g(\phi) = P_{nm}(\cos\phi) \dots\dots\dots 12$$

$$h(\lambda) = \cos m \lambda \text{ atau } h(\lambda) = \sin m \lambda \dots\dots 13$$

$$n = 0, 1, 2, 3, \dots\dots (\text{derajat})$$

$$m = 0, 1, 2, \dots\dots n (\text{orde})$$

Data dari EGM 2008 dibagi menjadi beberapa tingkat derajat harmonik untuk menentukan nilai Undulasi yaitu 360, 720 dan 2190. Maka perhitungan nilai undulasi dari EGM 2008 didapatkan dari persamaan 9 dan menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$N(\phi, \lambda) = R \left[ \sum_{n=2}^N \sum_{m=0}^n [C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda] P_{nm}(\sin \phi) \right] \dots\dots 14$$

Dimana :

$N$  = Undulasi

$(\phi, \lambda)$  = Lintang Geosentrik, Bujur Geosentrik

$\gamma_Q$  = Gayaberat normal pada bola bumi

$P_{nm}$  = Konstanta terasosiasi penuh dengan fungsi *Legendre*

$C_{nm}$  dan  $S_{nm}$  = Koefisien Geopotensial  
 $n$  dan  $m$  = Derajat dan orde  
 $N_{max}$  = Derajat maksimum model geopotensial

Dalam penentuan kontribusi dari model geopotensial menentukan fungsi legendre ternormalisasi penuh bola harmonik ( $P_{nm}(\cos\phi)$ ) beberapa tahapannya sebagai berikut :

1. Menghitung polinom Legendre zona harmonik ( $P_n(\cos\phi)$ )
2. Menghitung fungsi Legendre terassosiasi ( $P'_{nm}(\cos\phi)$ )
3. Menghitung fungsi Legendre ternormalisasi penuh bola harmonik ( $P_{nm}(\cos\phi)$ )

$$P_n(\cos\phi) = \frac{1}{2^n n!} \frac{d^n}{dt^n} ((\cos\phi)^2 - 1)$$

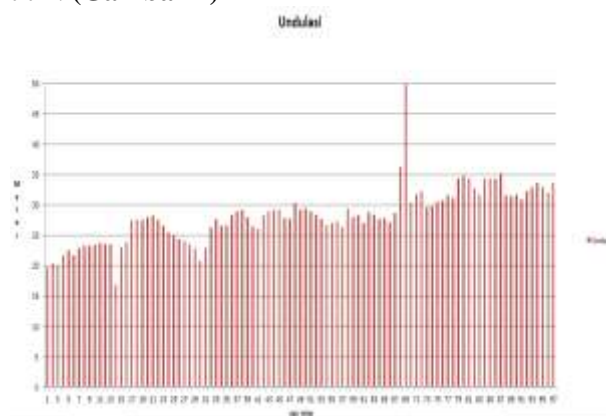
$$P'_{nm}(\cos\phi) = \left[ 1 - ((\cos\phi)^2) \right]^{\frac{m}{2}} \frac{d^m}{dt^m} P_n(\cos\phi)$$

$$P_{nm}(\cos\phi) = \sqrt{k(2n+1) \frac{(n-m)!}{(n+m)!}} P'_{nm}(\cos\phi)$$

$$k = \begin{cases} 1 & \text{untuk } m = 0 \\ 2 & \text{untuk } m \neq 0 \end{cases}$$

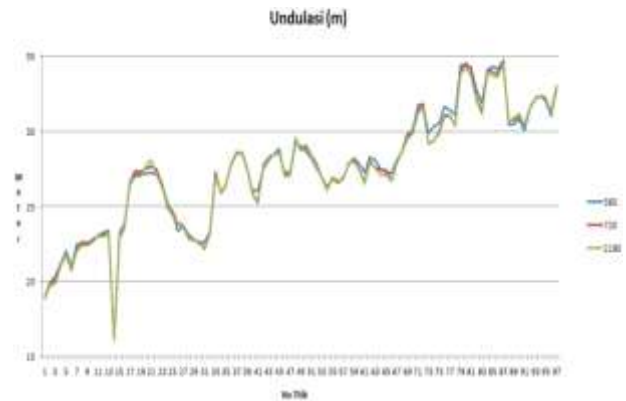
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai 99 titik JKG yang tersebar dipulau Jawa ada 2 titik yang tidak memiliki keterangan tinggi orthometrik. Oleh karena itu total yang dipakai dalam perhitungan hanya 97 titik. (Gambar 4)

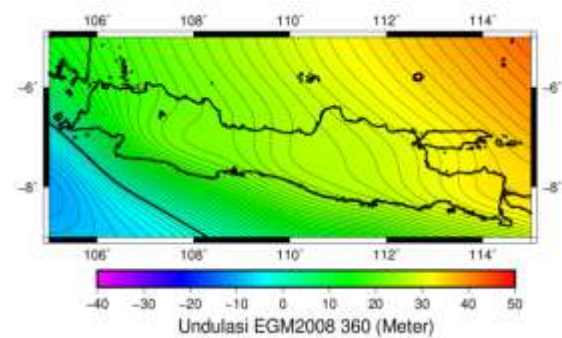


Gambar 6 Undulasi Geometrik

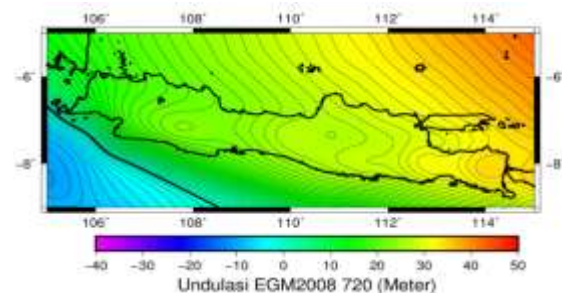
Hitungan undulasi dari EGM 2008 dengan derajat harmonik 360, 720 dan 2190 menghasilkan nilai Undulasi seperti berikut (Gambar 5):



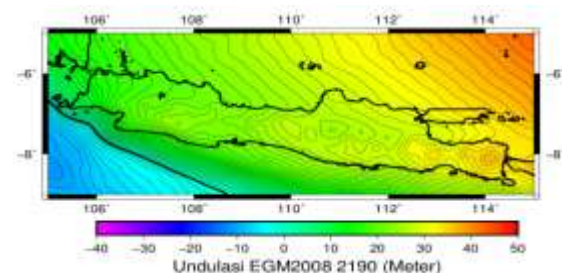
Gambar 7 Undulasi Geoid EGM 2008 Derajat Harmonik 360, 720 dan 2190



Gambar 8 Visualisasi EGM 2008 Derajat Harmonik 360

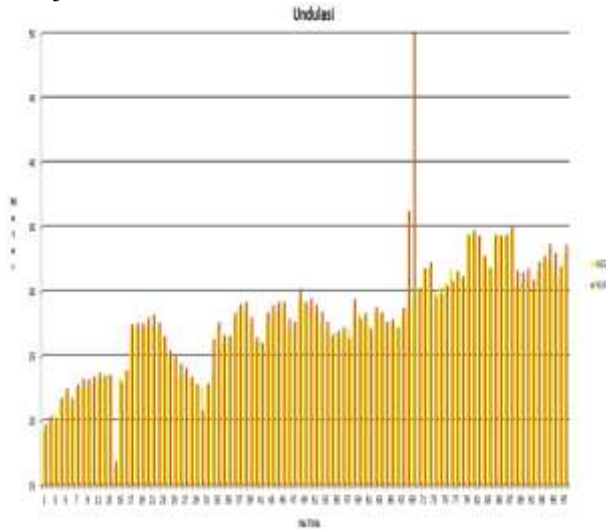


Gambar 9 Visualisasi EGM 2008 Derajat Harmonik 720

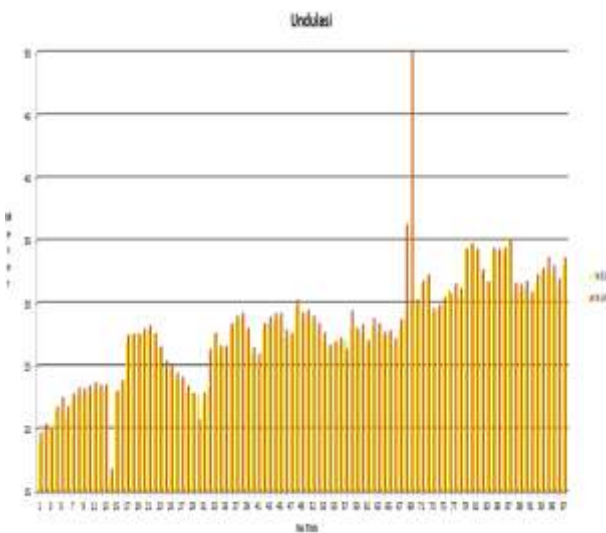


Gambar 10 Visualisasi EGM 2008 Derajat Harmonik 2190

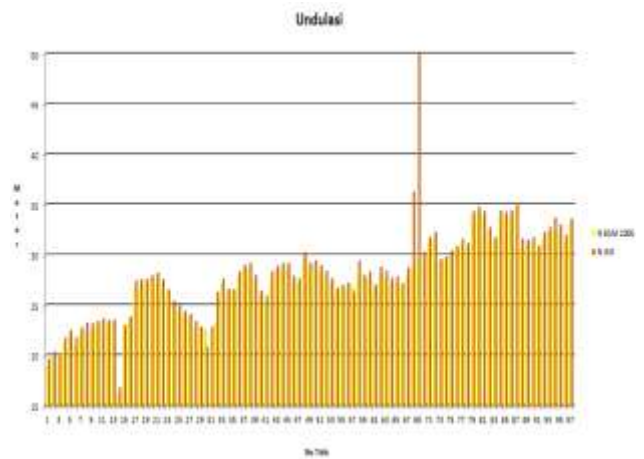
Nilai Undulasi dari JKG ini sebagai data pembandingan dengan nilai Undulasi dari EGM 2008 yang dibagi menjadi 3 yaitu 360, 720 dan 2190. Berikut selisih nilai undulasi JKG dengan nilai Undulasi dari EGM 2008 dengan derajat harmonik 360, 720 dan 2190.



Gambar 11 Penyimpangan Nilai Undulasi EGM 2008 Derajat 360 terhadap Jaring Kontrol Geodesi



Gambar 12 Penyimpangan Nilai Undulasi EGM 2008 Derajat 720 terhadap Jaring Kontrol Geodesi



Gambar 13 Penyimpangan Nilai Undulasi EGM 2008 derajat 2190 terhadap Jaring Kontrol Geodesi

Nilai Selisih Undulasi dari EGM 2008 dengan derajat harmonik 360, 720 dan 2190 terhadap JKG mempunyai 3 titik yang error. Data tersebut mempunyai tingkat penyimpangan paling besar yang dianggap oleh penulis terjadi beberapa kemungkinan kesalahan dalam penginputan data disitus BIG (Badan Informasi Geospasial) ataupun terjadi kesalahan dalam penentuan tinggi orthometrik atau tinggi geometrik oleh karena itu penulis tidak memasukkan 3 titik JKG tersebut kedalam perhitungan nilai penyimpangan EGM 2008 dengan derajat harmonik 360, 720 dan 2190 terhadap titik JKG. Oleh karena itu yang dimasukkan dalam perhitungan standar deviasi (STD) nilai undulasi EGM 2008 terhadap JKG bertotal 94 titik. (Tabel 2)

Tabel 2 Tabel Penyimpangan Max,Min,Mean dan STD Nilai Undulasi dari EGM 2008 Terhadap Jaring Kontrol Geodesi (meter)

	360	720	2190
<b>Max</b>	1.821	1.888	1.779
<b>Min</b>	-1.644	-1.571	-1.518
<b>Mean</b>	-0.393	-0.471	-0.548
<b>STD</b>	0.495	0.389	0.368

Nilai Undulasi dari Earth Geopotensial Model 2008 dengan derajat harmonik 360 yang mempunyai kerapatan data  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  mempunyai nilai penyimpangan dari Standar Deviasi (STD) sebesar yaitu 0.495 meter,derajat harmonik 720 mempunyai kerapatan data  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  mempunyai nilai

penyimpangan dari Standar Deviasi (STD) sebesar 0.389 meter dan derajat harmonik 2190 dengan kerapatan data 5' x 5' dari Standar Deviasi (STD) sebesar 0.368 meter.

Nilai Undulasi dari Earth Geopotensial Model 2008 dengan derajat harmonik 360, 720 dan 2190 yang dilihat dari nilai rata – rata (Mean). Nilai Undulasi EGM 2008 dengan derajat harmonik 360 mempunyai nilai rata – rata lebih kecil yaitu -0.393m dibandingkan derajat harmonik 720 dan 2190. Oleh karena itu nilai rata – rata terendah mempunyai tingkat akurasi yang baik dikarenakan mengandung kesalahan Omision dan Commision yang kecil tetapi nilai undulasi dari EGM 2008 dengan derajat harmonik 360 mempunyai tingkat presisi yang besar dilihat dari nilai standar deviasi (STD).

#### IV. KESIMPULAN

Penyimpangan Nilai undulasi dari EGM 2008 dengan tingkat derajat harmonik 360, 720 dan 2190 terhadap nilai undulasi JKG cukup besar yaitu pada derajat dan orde 360 adalah 49,5 cm , derajat dan orde 720 adalah 38,9 cm dan derajat dan orde 2190 adalah 36,8 cm yang dapat dilihat dari Standar Deviasi (STD). Secara keseluruhan nilai Undulasi dari EGM 2008 dengan derajat harmonik 2190 tetap paling baik dengan penyimpangan yang dilihat dari Standar Deviasi yaitu 36.8cm. Nilai Undulasi dari EGM 2008 dapat disimpulkan hanya baik digunakan dalam penentuan nilai tinggi pada pekerjaan yang dengan tingkat ketelitian Menengah.

#### V. SARAN

Dilihat dari **Tabel 2** bahwasannya nilai penyimpangan undulasi 720 dan 2190 hanya selisih 2cm, maka penentuan nilai Undulasi dari EGM 2008 untuk keperluan praktis di Pulau Jawa disarankan menggunakan derajat harmonik 720 karena menggunakan derajat harmonik 2190 memerlukan waktu yang cukup lama dalam proses pengolahan.

Diperlukan pembaharuan data pada setiap titik Jaring Kontrol Geodesi di Pulau Jawa dan diperlukan nilai dan Informasi Offset pada setiap Jaring Kontrol Geodesi dipulau Jawa, sehingga mendapatkan nilai Undulasi yang lebih akurat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amjadiparvar, B., Sideris, M. G., Rangelova, E., & Hyden, T. (2006). *The Effect of geoid Commission and Omission Errors In The Computation of North American Height Datum Offsets*.
- Anjasmara, I. (2013). *Gravity Anomaly and Isostasy*. Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh November.
- Fitri, L., & Heliani, L. S. (2008). *Evaluasi Model Geoid Global di Pulau Jawa*.
- Gani, R. M., Hadian, D., & Koesoemadinata, R. C. *Penggunaan EGM 2008 Pada Pengukuran GPS Levelling di Lokasi Deli Serdang - Tebing Tinggi Provinsi Sumatra Utara*.
- Holmes, S., & W.E, F. Departement of Spatial Sciences. *A Simple and Stable Approach to High Degree and Order Spherical Harmonic Synthesis*.
- Kahar, J., & Purworaharjo, U. *Geodesi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Kasenda, A. (2009). *High Precision Geoid for Modernization Of Height System in Indonesia*. Sydney, Australia: School of Surveying and Spatial Information System The University of New South Wales.
- Li, X., & Götze, H. (2002). Ellipsoid, geoid, gravity, geodesy, and geophysics. *Geophysics*, 67(3), 997-997.
- Losch, M., & Seuffer, V. (2003). *How to Compute Geoid Undulations (Geoid Height Relative to a Given Reference Ellipsoid) from Spherical Harmonic Coefficients for Satellite Altimetry Applications*.
- Miftahul, R. A., Yuwono, B. D., & Awaluddin, M. (2015). *Pemodelan Geoid Lokal Kota Semarang Berdasarkan Model Geopotensial Global Grace*.
- Pangastuti, D., & Sofian, I. (2015). Validasi Geoid EGM2008 di Jawa dan Sumatra. *Validasi Geoid EGM2008 Di*

*Jawa Dan Sumatra Dengan Menggunakan Parameter Mean Dynamic Topography (MDT) Pada Geoid Geometris.*

Prijatna, K. (2010). *Pengembangan Model Pengkombinasian Data Gayaberat dengan Model Geopotensial Global untuk Penentuan Geoid Regional Wilayah Indonesia*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Ramdani, D. *Model Geopotensial Global yang Optimal Untuk Perhitungan Geoid Indonesia*, 14.

Ramdani, D. *Penggunaan EGM 2008 , EGM 1996 dan GPS Levelling Untuk Tinggi Undulasi Geoid di Sulawesi*.

Ramdani, D., Prijatna, K., & Andreas, H. (2014). *Evaluasi Model Geopotensial Global Untuk Perhitungan Geoid di Jakarta*.

Rastawira, T., Sutoma, K., & Sabri. *Pemodelan Geoid Kota Semarang*.

Siang, E., Djaja, R., & Ramdani, D. (2014). *Penentuan Model Geopotensial Global yang Optimal untuk Perhitungan Geoid Sumatra* .

Sideris, M. (1994). *Geoid and it`s geophysical interpretation*. USA: GRC Press.

## **RIWAYAT PENULIS**

1. **Nico Marcelino., ST** Alumni (2019) Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor. (E-mail : Nicomarcelino15@gmail.com)
2. **Ir. Rustandi Poerawiardi** Dosen Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor.
3. **Dadan Ramdani. ST., MT** Dosen Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor dan Staf di Badan Informasi Geospasial.
4. **Dessy Apriyanti, ST, M.Eng** Dosen Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor.