

**EFEK DEFORMASI KOSEISMİK GEMPA ACEH-ANDAMAN 2004  
PADA JARING TITIK KONTROL NASIONAL  
DI WILAYAH PROVINSI NANGGROE ACEH DARUSSALAM**

Heri Andreas, H.Z. Abidin, M.Irwan, Irwan G, D.A. Sarsito dan M. Gamal \*

Heri Andreas, dkk (2007). Efek Deformasi Koseismik Gempa Aceh-Andaman 2004 Pada Jejaring Titik Kontrol Nasional Di Wilayah Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam, *Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana*, Vol. 2, No. 2, Tahun 2007, hal. 1 - 7, 6 gambar, 1 tabel.

**SARI :** Jaringan titik kontrol atau titik referensi nasional di bangun di seluruh wilayah Indonesia termasuk di provinsi Aceh, untuk membantu kegiatan survey dan pemetaan. Dahulu kita mengenal titik-titik triangulasi dalam sistem datum toposentrik, kemudian setelah itu kita mengenal titik-titik kontrol orde 0, 1, 2, 3 dan 4 sebagai jaringan titik ikat dalam datum nasional DGN 1995. Representasi titik-titik kontrol tersebut di lapangan berupa Bench Mark/tugu yang memiliki nilai koordinat definitif, yang terintegrasi baik secara sistem nasional, bahkan di lingkup praktis global. Gempabumi menyebabkan sebagian kerak bumi terdeformasi. Nilai deformasi akibat gempabumi ini dapat mencapai orde meter. Hasil survey geodetik (GPS) pasca gempabumi di Aceh Andaman tahun 2004 memperlihatkan hasil Coseismic Deformation di wilayah Aceh bervariasi mencapai nilai 2-3 meter, dan bahkan mencapai 5 meter untuk wilayah Andaman. Akibat dari terdeformasinya sebagian kerak bumi ini dapat mempengaruhi status geometrik jaring titik referensi nasional yang berada di sekitar wilayah Provinsi Aceh. Bench Mark/tugu-tugu titik referensi terdeformasi, sehingga mempengaruhi nilai koordinat yang telah ada sebelumnya. Perubahan status geometrik titik referensi nasional ini dirasa akan mempengaruhi pekerjaan survey dan pemetaan yang dilakukan di Provinsi Aceh pasca gempa bumi tahun 2004 tersebut, seperti pekerjaan rekonstruksi persil-persil tanah yang rusak terkena tsunami. Untuk dapat melihat besarnya perubahan pada jaringan titik referensi akibat efek gempa bumi dapat digunakan pemodelan Coseismic Deformation menggunakan formulasi Elastic Half Space Okada. Tulisan yang dibuat ini mencoba melihat perubahan jaringan titik kontrol orde 2 provinsi Aceh yang dikelola BPN, yang nantinya diharapkan dapat berguna bagi proses survey dan pemetaan pasca gempabumi Aceh Andaman 2004.

**Kata kunci :** titik referensi nasional, coseismic deformation, elastic half space modelling

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam membantu kegiatan survey dan pemetaan dibutuhkan adanya titik atau jaringan titik referensi. Di wilayah kita nusantara, termasuk

\* *Kelompok Keilmuan Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan-ITB, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, e-mail : heri@gd.itb.ac.id*

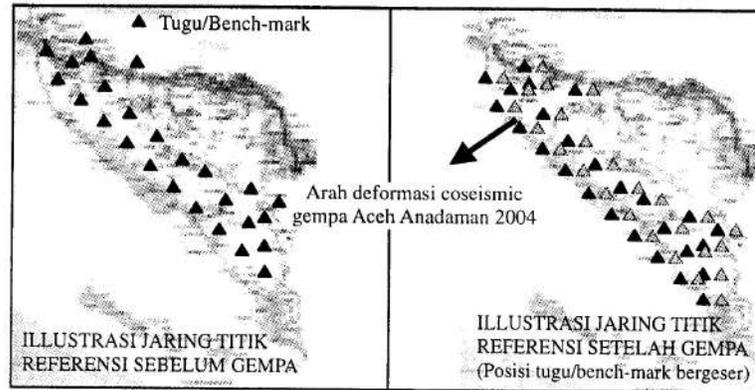
Provinsi Aceh, telah banyak dibangun jaring titik kontrol atau titik referensi nasional. Dahulu kita mengenal titik-titik triangulasi dalam sistem datum toposentrik, kemudian setelah itu kita mengenal titik-titik kontrol orde 0, 1, yang dikelola oleh Bakosurtanal, kemudian orde 2, 3 dan 4 yang dikelola oleh Badan Pertanahan Nasional dalam sistem datum nasional DGN 1995. Representasi titik-titik kontrol tersebut di lapangan berupa Bench Mark/tugu yang memiliki nilai koordinat definitif baik dalam sistem koordinat. Gempabumi

menyebabkan sebagian kerak bumi terdeformasi. Nilai deformasi akibat gempabumi ini dapat mencapai orde meter. Sebagai contoh, hasil survey geodetik (GPS) pasca gempabumi di Aceh Andaman tahun 2004 memperlihatkan hasil *coseismic deformation* di wilayah Aceh bervariasi mencapai nilai 2-3 meter, dan bahkan mencapai 5 meter untuk wilayah Andaman. Sementara itu wilayah yang jauh dari pusat gempa seperti Sampali, Semenanjung Malaysia dan Phuket Thailand turut pula terdeformasi dalam orde sentimeter dan desimeter.

Akibat dari terdeformasinya sebagian kerak bumi ketika terjadi gempabumi Aceh Andaman pada tahun 2004 seperti disebutkan di atas, memberikan efek pada status geometrik jaring titik referensi nasional yang berada di sekitar wilayah Provinsi Aceh. Bench Mark/tugu-tugu titik

terjadi lagi di masa yang akan datang dalam periode waktu tertentu (biasanya ratusan tahun). Istilah perulangan gempabumi ini dinamakan *earthquake cycle*. Selanjutnya di dalam satu *Earthquake cycle* terdapat beberapa fase atau tahapan mekanisme terjadinya gempabumi yaitu *fase interseismic, pre-seismic, coseismic, dan post-seismic*. Tahapan-tahapan ini biasanya disertai dengan terjadinya deformasi pada sebagian kerak bumi.

Deformasi kerak bumi yang mengiringi tahapan mekanisme suatu gempabumi dapat diamati diantaranya dengan melakukan survey geodetik (GPS, InSAR, dan lain-lain). Selanjutnya deformasi secara lebih detail dan luas lagi dapat dimodelkan dengan bantuan data hasil survey lapangan dan formulasi matematis seperti *Elastic Half Space* model yang dibuat oleh Okada (1985).

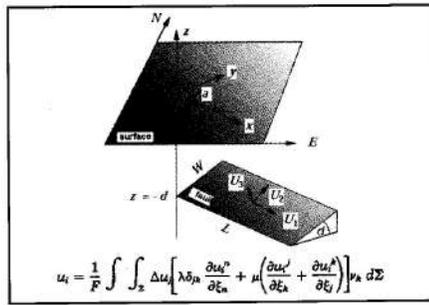


Gambar 1. Ilustrasi efek gempabumi terhadap jaring referensi nasional

referensi terdeformasi (Gambar 1), sehingga mempengaruhi nilai koordinat yang telah ada sebelumnya. Perubahan status geometrik titik referensi nasional ini dirasa jelas akan mempengaruhi pekerjaan survey dan pemetaan yang dilakukan di Provinsi Aceh pasca gempabumi tahun 2004 tersebut, seperti pekerjaan rekonstruksi persil-persil tanah yang rusak terkena tsunami.

Gempabumi didefinisikan sebagai getaran sesaat, bersifat tidak menerus, akibat terjadinya sudden slip (pergeseran secara tiba-tiba) pada kerak bumi. *Sudden slip* terjadi karena adanya sumber kekuatan (*force*) sebagai penyebabnya. Gempabumi mempunyai sifat berulang, dalam arti bahwa suatu gempabumi di suatu daerah akan

Model yang dibuat Okada menerangkan hubungan antara pergeseran pada bidang sistem *fault* dengan pergeseran yang terjadi di permukaan bumi, dengan mengasumsikan kerak bumi sebagai medium isotropik. Pergeseran pada bidang  $u_i (x_1, x_2, x_3)$  karena adanya pergeseran  $u_j (x_1, x_2, x_3)$  di bidang atas dipermukaan (*surface*) dirumuskan seperti tertera pada Gambar 2;  $d_{jk}$  adalah Kronecker delta,  $\lambda$  and  $\mu$  adalah Lamé's parameter,  $v_k$  adalah arah normal cosinus terhadap elemen permukaan  $dS$ . Sementara itu  $u_{ij}$  adalah komponen (i) pergeseran pada  $(x_1, x_2, x_3)$  dari besarnya gaya (F) arah titik (j) di  $(x_1, x_2, x_3)$ . Rumus detailnya dapat dilihat di *Surface deformation due to shear and tensile faults in a half space*, BSSA vol 75, no4, 1135-1154, 1985.



Gambar 2. Elastic dislocation (Okada, 1985)

Dalam kasus pemodelan perubahan jaring referensi seperti tujuan pembuatan tulisan, model *elastic half space* Okada digunakan pertama untuk menentukan model *coseismic slip* beserta parameternya dengan input data berupa vektor pergeseran dipermukaan bumi hasil survey geodetik (GPS) di lapangan. Selanjutnya setelah parameter *coseismic slip* diketahui, maka perhitungan akan dibalik dengan menggunakan parameter tersebut untuk menghitung besarnya vektor pergeseran di tiap titik referensi (orde 2

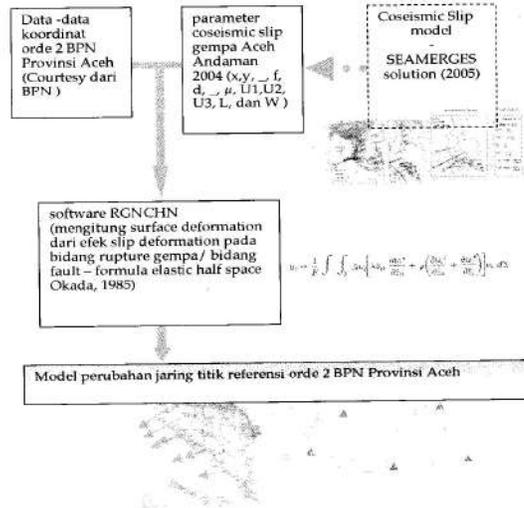
BPN) yang tersebar di permukaan bumi sekitar wilayah Aceh.

### 1.2. Tujuan

Untuk dapat melihat besarnya perubahan pada jaringan titik referensi yang ada akibat efek gempa bumi dapat digunakan pemodelan *coseismic deformation* menggunakan formulasi *Elastic Half Space* Okada. Tulisan yang dibuat ini akan mencoba melihat perubahan jaringan titik kontrol orde 2 Provinsi Aceh yang dikelola BPN, yang diharapkan dapat berguna dalam proses survey dan pemetaan pasca gempa bumi Aceh Andaman 2004.

## 2. METODOLOGI

Tahapan pekerjaan yang dilakukan untuk membuat model perubahan jaring titik referensi orde 2 BPN di Provinsi Aceh berdasarkan formulasi *Elastic Half Space* Okada yaitu, pertama mengumpulkan koordinat jaring titik referensi orde 2 Provinsi Aceh (*courtesy* BPN), kemudian menentukan parameter *coseismic slip* gempa Aceh



Gambar 3. Visualisasi skematik metodologi pembuatan model perubahan jaring titik referensi orde 2 BPN di Provinsi Aceh berdasarkan formulasi *Elastic Half Space* Okada

Andaman 2004 (mengadopsi model SEAMERGES solution 2005), dan selanjutnya menghitung perubahan jaring titik referensi orde 2 BPN di Provinsi Aceh menggunakan software RGNCHN, yang menyusun program dasarnya berdasarkan formulasi *Elastic Half Space* Okada. Secara visualisasi skematik metodologi yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 3.

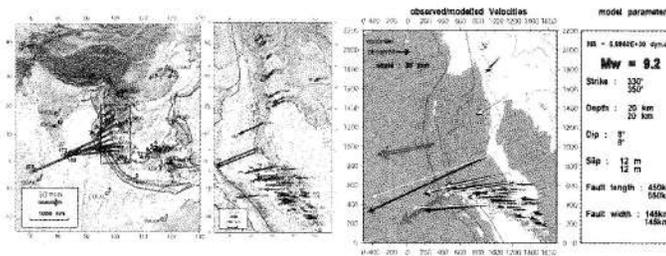
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Data

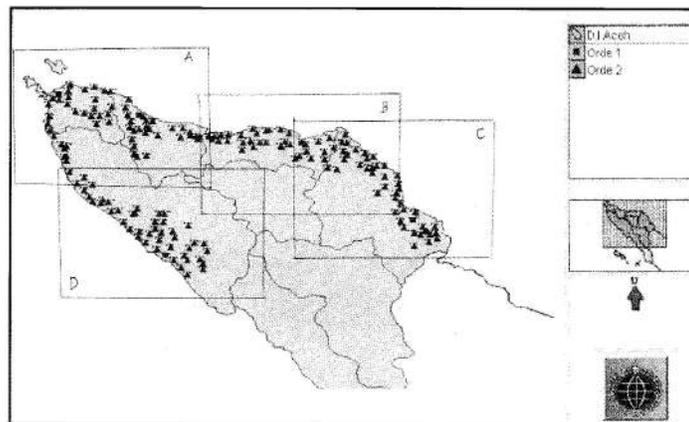
Data utama yang digunakan dalam membuat model perubahan jaring titik referensi orde 2 BPN di Provinsi Aceh berdasarkan formulasi *Elastic Half Space* Okada diantaranya data parameter

coseismic slip gempa Aceh Andaman 2004 mengadopsi model SEAMERGES solution (2005). Berdasarkan solusi SEAMERGES bidang *fault slip* dibagi menjadi dua bagian. nilai strike1 =  $330^\circ$ , stike2 =  $350^\circ$ , dip (d) =  $8^\circ$ , slip (U) = 12 meter, panjang fault1 = 450 kilometer, panjang fault2 = 550 kilometer, lebar fault1 = 145 kilometer, lebar fault2 = 145 kilometer, locking depth 20 kilometer. Ketelitian pergeseran di permukaan dari model *coseismic slip* ini rata-rata sekitar 2,7 sentimeter.

Data utama lainnya yang digunakan yaitu data koordinat jaring referensi orde 2 BPN yang tersebar di wilayah Provinsi Aceh. Data koordinat diperoleh dari BPN pusat atas kerjasamanya secara informal dengan Kelompok Keilmuan Geodesi ITB.



Gambar 4. Coseismic deformation dan coseismic slip (SEAMERGES - Vigny et. al, 2005)



Gambar 5. Sebaran titik-titik BPN orde 2 di wilayah Provinsi Aceh (Courtesy BPN)

**3.2. Hasil Pemodelan Perubahan Jaring Referensi**

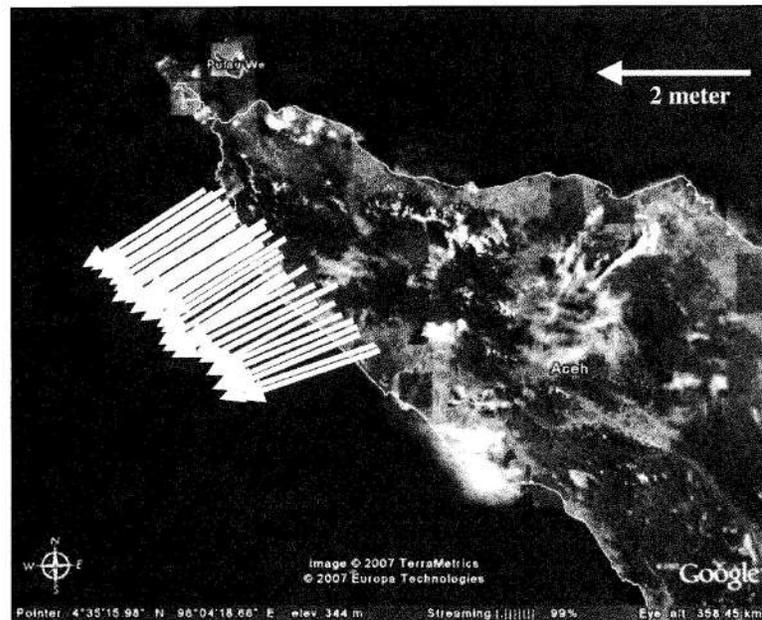
Hasil pemodelan perubahan Jaring referensi orde 2 BPN Provinsi Aceh (Aceh bagian Barat) menggunakan formulasi *Elastic Half Space* Okada dalam software RGNCHN diberikan pada tabel di bawah ini. Besar perubahan titik-titik referensi

orde 2 dalam tabel dapat dilihat berkisar 97 sentimeter sampai dengan 2,56 meter untuk komponen *easting* (barat-timur), 30 sentimeter sampai dengan 1,38 meter untuk arah *northing* (utara-selatan). Resultan vektor pergeseran memberikan arah pergeseran ke sekitar barat - barat daya. Ilustrasi pergeseran dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah.

Tabel 1. Hasil pemodelan perubahan jaring referensi orde 2 BPN (Aceh bagian barat) menggunakan software RGNCHN

Model Perubahan Titik referensi Nasional orde 2 (BPN) Provinsi Aceh (Aceh Bagian Barat)			
No.	Nama Titik	Perubahan ke arah komponen <i>Easting</i> (dalam centimeter)	Perubahan ke arah komponen <i>Northing</i> (dalam centimeter)
1	01180	-103.880	-31.110
2	01179	-105.650	-30.560
3	01178	-126.090	-39.060
4	01177	-98.070	-32.200
5	01176	-97.670	-30.710
6	01175	-105.870	-32.980
7	01174	-132.960	-44.860
8	01173	-107.840	-37.570
9	01172	-114.550	-40.010
10	01171	-120.190	-40.340
11	01170	-125.870	-48.980
12	01169	-122.690	-42.830
13	01168	-139.210	-50.600
14	01167	-135.950	-52.420
15	01166	-107.480	-40.510
16	01165	-125.160	-53.050
17	01164	-124.650	-49.590
18	01163	-140.870	-58.940
19	01162	-149.330	-62.180
20	01161	-159.540	-65.810
21	01160	-173.650	-76.470
22	01159	-131.340	-56.770
23	01158	-146.610	-63.250
24	01157	-181.670	-83.110
25	01156	-131.280	-55.270
26	01155	-141.350	-61.530
27	01153	-175.450	-80.400
28	01152	-162.620	-76.330
29	01151	-189.850	-90.070
30	01150	-155.940	-72.870
31	01149	-167.550	-79.260
32	01148	-194.770	-94.610
33	01147	-190.570	-94.110
34	01146	-201.300	-101.980

35	01145	-208.490	-105.020
36	01144	-212.520	-109.140
37	01143	-222.260	-114.620
38	01142	-240.960	-126.310
39	01141	-243.970	-128.580
40	01140	-213.830	-111.490
41	01139	-246.810	-130.950
42	01138	-222.080	-117.130
43	01137	-255.670	-136.910
44	01136	-235.060	-126.120
45	01135	-256.610	-138.190
46	01134	-242.530	-130.370
47	01133	-240.760	-129.480
48	01132	-226.960	-121.580
49	01131	-216.010	-115.160
50	01130	-226.980	-121.730
51	01129	-231.680	-124.710
52	01128	-233.580	-125.930
53	01127	-226.740	-121.990
54	01126	-212.300	-113.530
55	01125	-182.060	-95.750



Gambar 6. Ilustrasi pergeseran titik-titik BPN orde 2 Provinsi Aceh (Bagian barat Aceh)

#### 4. KESIMPULAN

Secara fisis, akibat terjadinya gempa bumi, nyata terjadi deformasi pada sebagian kerak bumi. Tugu/bench mark titik referensi geodetik pun ikut terdeformasi (bergeser). Dengan itu pula jaringan titik referensi turut mengalami perubahan status geometri-nya. Hasil tulisan di atas memperlihatkan pasca gempa bumi di Aceh Andaman tahun 2004 terjadi perubahan pada titik-titik referensi orde 2 BPN di sekitar wilayah Provinsi Aceh (contoh kasus Aceh Barat) mencapai nilai terbesar dua setengah meter di beberapa tempat. Perubahan ini dirasa akan mempengaruhi proses pekerjaan survey dan pemetaan di Aceh pasca gempa tersebut, contohnya pada pekerjaan rekonstruksi persil-persil tanah yang rusak terkena tsunami.

Terlepas dari hasil penulisan di atas, signifikan tidaknya pengaruh perubahan jaring titik kontrol terhadap kegiatan survey dan pemetaan akan tergantung pada penilaian dari masing-masing kalangan profesi (*surveyor dan geodetic engineer*) yang bergelut di bidang survey dan pemetaan yang dilaksanakan di wilayah Aceh pasca gempa tahun 2004. Mungkin saja perubahan status geometrik tersebut tidak akan berpengaruh pada proses rekonstruksi persil wilayah Aceh misalnya, atau mungkin juga berpengaruh, karena bergeser 2 meter berarti bergeser pula hak ke pemilikannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pertanahan Nasional – *Metadata Kerangka Referensi Nasional BPN Orde 2 Aceh*.
- Dany Hilman, Aceh Andaman Megatruster Earth quake 26 December 2004; *What's Happen Then and Where is the Future Giant Earthquake and Tsunami in Sumatera*, Workshop Gempa Aceh; Geodesi ITB.
- Fumi Kimata, *Collaboration of the 2004 Great Sumatera Earthquake with Indonesia, its Result of GPS Measurement at Sumatera, Aceh Earthquake Symposium*. BPPT 2005.
- Hudnut KW, Bock Y, Cline M, Fang P, Feng Y, et al. 1994. *Coseismic Displacements of the 1992 Landers Earthquake Sequence*, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 84:625–45.
- Irwan et.al 2005, *The 2004 Great Sumatera Earth quake : Constrain on Source Parameter from GPS Campaign Observation, Symposium on Sumatran Earthquake*. BPPT 2005.
- Segall P., J.L Davis, *GPS Application for Geodynamic and Earthquake Studies*. *Annu Rev. Earth Planet Sci.* 1997 25 :361-36 Copyright 1997 by Annual Reviews Inc, all right reserved.
- Vigny, Simon (2005). *Report on Banda Aceh Mega-Thrust Earthquake, December 26, 2004*. SEAMERGES PROJECT 2005