

ULASAN GUNCANGAN TANAH AKIBAT GEMPA BUMI TENGGARA DENPASAR BALI

Oleh

**Trisnawati*, Moehajirin*, Furqon Dawwam R*, Ariska Rudyanto*, Sigit Pramono*,
Dadang Permana***

* Bidang Seismologi Teknik – BMKG

kontak : seismotek@bmgk.go.id

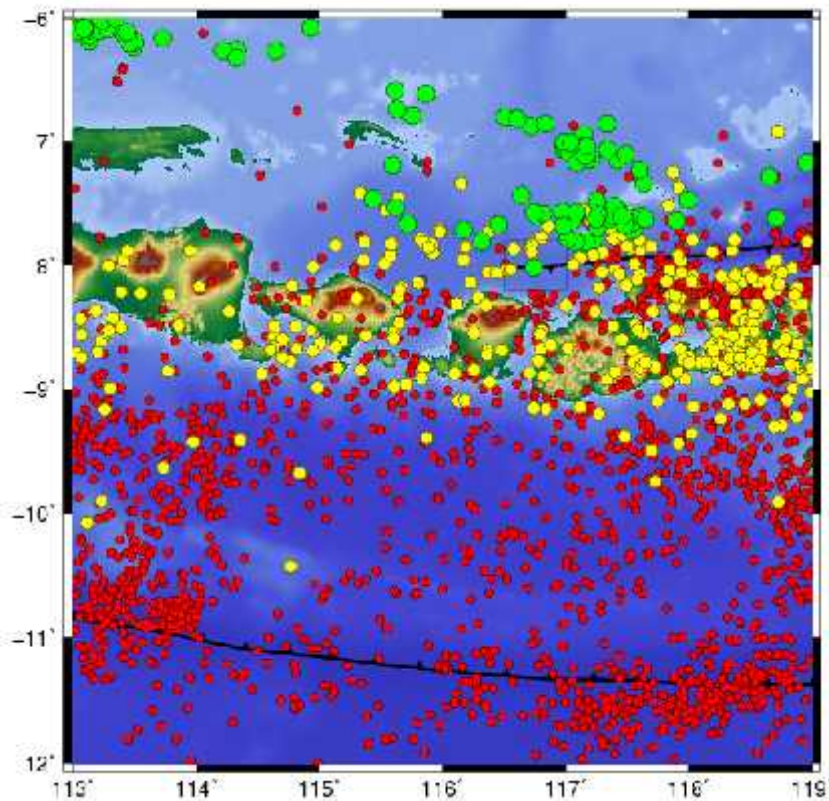
ariska.rudyanto@bmgk.go.id

I. Tinjauan Kondisi Geologi dan Tektonik Pulau Bali

Pulau Bali yang terletak pada $8^{\circ}3'40''$ - $8^{\circ}50'48''$ LS dan $114^{\circ}25'53''$ - $115^{\circ}42'40''$ BT merupakan kawasan dengan aktifitas kegempaan yang tinggi di Indonesia. Pulau Bali merupakan bagian dari busur kepulauan Sunda kecil yang terbentuk sebagai akibat proses subduksi Lempeng Indo - Australia ke bawah Lempeng Eurasia. Busur Sunda kecil ditandai oleh bidang pusat gempa yang menulik yang dikenal sebagai *Zona Benioff Wadati*. Subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia dengan kecepatan 7 cm per tahun (Demets dkk, 1994) merupakan penyebab aktifnya sesar di Bali dan sekitarnya. Berdasarkan kondisi tektonik ini, maka Bali memiliki dua jenis pembangkit gempabumi, yakni aktifitas subduksi lempeng di selatan Bali dan aktifitas sesar – sesar lokal yang dihasilkan oleh gerakan subduksi lempeng tersebut.

Akibat subduksi di selatan Jawa, maka gempabumi yang terjadi semakin ke utara semakin dangkal. Sekitar 150 s.d 200 km dari pesisir selatan Bali, kedalaman gempabumi berkisar 150 s.d 200 km, sedangkan gempabumi yang semakin ke utara memiliki kedalaman yang mencapai 600 km. Di daerah daratan Pulau Bali terjadi gempabumi yang bervariasi kedalamannya, yaitu 100 s.d 200 km. Aktifitas gempabumi dangkal juga terjadi di daratan Pulau Bali dan cekungan Bali di sebelah utara Pulau Bali. Cekungan ini merupakan akibat dari struktur geologi sesar naik belakang busur.

PETA_SEISMISITAS_BALI_1985-2013



Gambar 1. Peta seismisitas Bali dan sekitarnya tahun 1985 - 2013

Aktivitas gempa bumi dangkal di Daerah Bali hasil catatan jejaring seismik regional Bali selama periode 1991 hingga 1999, menunjukkan adanya beberapa kluster aktivitas seismik dangkal. Pola sebaran hiposenter menunjukkan adanya kecenderungan makin ke arah selatan hiposenternya makin dalam. Seluruh gempa bumi yang terjadi ternyata memiliki tipe penyesaran naik.

Berdasarkan data *strike* diketahui sebagian besar bidang sesarnya paralel dengan busur kepulauan yaitu berarah Timur – Barat. Hasil penelitian ini semakin mengokohkan pendapat bahwa telah terbentuk sebuah struktur sesar naik di belakang busur kepulauan (*Bali back arc thrust*), sehingga cekungan Bali adalah suatu keadaan yang menurun secara relatif sebagai akibat adanya sesar naik belakang busur.

Distribusi pusat gempa bumi di Bali tersebar di depan dan di belakang zona penunjaman lempeng, sebagian besar terkonsentrasi di selatan busur Kepulauan Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara. Aktivitas seismik yang terletak di sekitar palung samudera merupakan gempa bumi hasil subduksi lempeng. Sedangkan aktivitas gempa bumi dangkal yang berpusat di daratan Bali lebih banyak disebabkan oleh aktivitas sesar aktif yang umumnya berarah barat laut- tenggara atau barat – timur (McCaffrey and Nabelek, 1987).

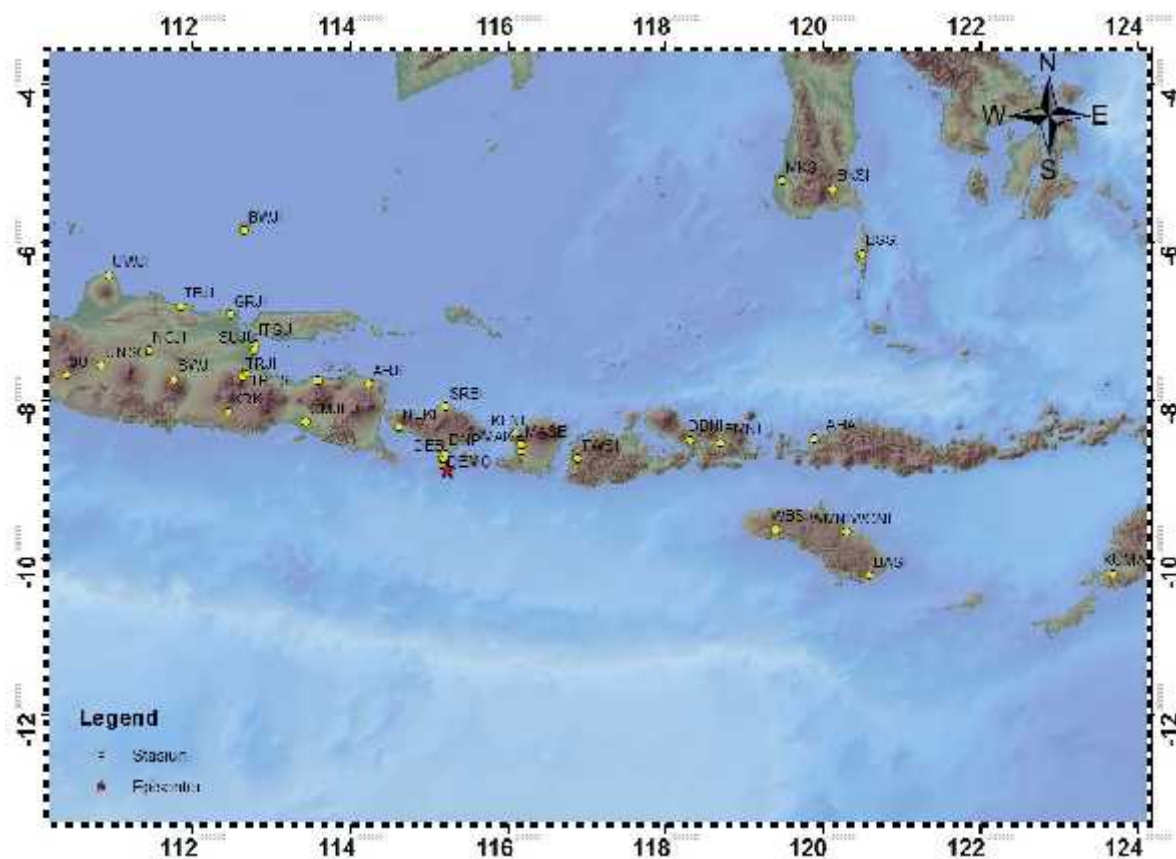
Telah dilakukan upaya identifikasi sesar di Daerah Bali oleh peneliti terdahulu, seperti McCaffrey and Nabelek (1987) dan Masturyono (1994). Berdasarkan hasil studi Masturyono (1994) disimpulkan bahwa seismisitas gempa bumi lokal dan dangkal memberi petunjuk adanya struktur sesar naik belakang busur kepulauan. Sedangkan berdasarkan Yazid (1999)

didapatkan kesimpulan bahwa ada perpanjangan sesar naik Flores sampai ke sebelah timur laut Bali.

Silver dkk (1986) melakukan Ekspedisi Bahari dan memperkirakan bahwa ujung barat patahan belakang busur berakhir di Cekungan Bali. Tetapi menurut McCaffrey and Nabelek (1987), ujung barat tersebut berlanjut dan menyatu dengan patahan yang terdapat di Laut Jawa.

II. Gempabumi Tenggara Denpasar Bali 22 Maret 2017

Gempabumi terjadi dengan magnitudo 5.6 SR pada Rabu, 22 Maret 2017 jam 06:10:27 WIB. Pusat gempa berada di kedalaman 125 km berada 23 km tenggara Denpasar Bali dengan episenter di laut dan tidak menimbulkan tsunami. Peta tingkat guncangan (shakemap) BMKG menunjukkan bahwa dampak gempabumi tenggara Denpasar M 5.6 dirasakan meluas hampir di seluruh Pulau Bali bagian selatan. Gempa ini dirasakan di Kuta, Tabanan dan Mataram sebesar II SIG-BMKG (V MMI), Karangasem sebesar II SIG-BMKG (III-IV MMI) dan Sumbawa sebesar I SIG (II MMI).



Gambar 2. Peta lokasi gempabumi Tenggara Denpasar Bali 22 Maret 2017 pukul 06:10:27 WIB. Bintang warna merah menunjukkan titik epicenter gempabumi, sedangkan lingkaran warna kuning menunjukkan stasiun pencatat gempabumi.

III. Peak Ground Acceleration (PGA) Gempabumi Tenggara Denpasar Bali 22 Maret 2017

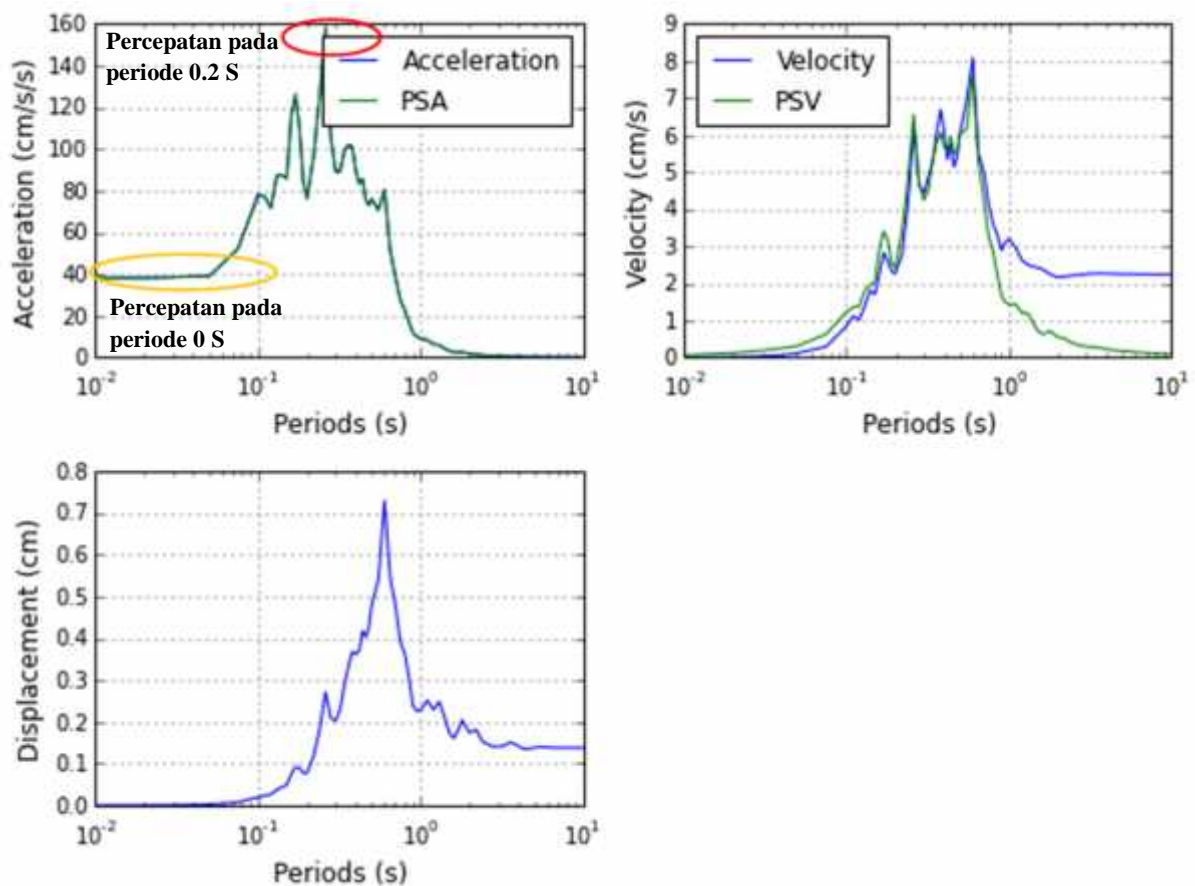
Kerusakan dan keruntuhan bangunan akibat gempabumi terjadi karena bangunan tidak mampu mengantisipasi getaran tanah (*ground motion*) *Peak Ground Acceleration* (PGA) yang ditimbulkannya. Besarnya getaran tanah akibat gempabumi dipengaruhi oleh tiga hal, sumber gempa (*source*), jalur penjalaran gelombang (*path*), dan pengaruh kondisi tanah setempat (*site*). Dapat dipahami bahwa sumber gempa yang besar dan dekat akan menimbulkan getaran tanah yang juga besar. Demikian halnya kondisi tanah setempat berupa endapan sedimen tebal dan lunak juga akan menimbulkan fenomena amplifikasi yang memperbesar nilai getaran tanah di permukaan. Nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) dari gempa bumi yang terjadi di Tenggara Denpasar Bali pada 22 Maret 2017 jam 06:10:27 WIB dapat di lihat pada Tabel 1. Tiga nilai PGA terbesar terdapat pada Stasiun Geofisika Sanglah (DNP) dengan nilai PGA 38.0755 gals dan jarak 119.189 km dari pusat gembabumi.

Tabel 1. Nilai Peak Ground Acceleration Gempa Bumi Tenggara Denpasar Bali 22 Maret 2017

Gempa Denpasar BALI, 22 Maret 2017, 06:10:27 WIB Let: 8.88 LS long: 115.24 BT, Mag: 5.5 SR, Depth: 117 Km, di 25 Km Tenggara Denpasar BALI												
No	Stasiun	Kode	Z [gals]	N [gals]	E [gals]	max	Intensitas Konversi (MMI)	Intensitas Konversi (SIC)	LAT Sta	LOM Sta	R (Hypocentre)	Vs 30
1	STA MET NGURAH PAI DENPASAR	DEMO	13,5869	13,9983	5,6228	13,5869	III-IV	II	-8,7498	113,177	118,097	
2	BALU BESAR WIL III DENPASAR	DEBI		11,0169	20,131	20,131	III-IV	II	-8,738	113,179	118,251	
3	DENPASAR	DNP	22,5281		38,0755	38,0755	III-IV	II	-8,5774	113,21	119,189	
4	SINGARAWA BALI	SFBII	7,73722	8,11685	5,58942	8,11685	II-III	II	-8,0848	113,213	145,592	
5	STA KLIM NEGARA BALI	NEKI	1,1735	5,5895	3,0058	5,5895	II-III	II	-8,341	113,618	148,961	
6	STA KLIM KEDIRI MATRAM	MAKE	8,1458	10,7653	10,5213	10,7653	II-III	II	-8,685	113,171	158,419	
7	MATARAM	KLAI	22,8565	28,8602	31,4502	31,4502	III-IV	II	-8,12188	113,095	158,997	
8	ASEM BAGUS	ABJ	0,89466	1,19051	1,38413	1,38413	I-II	I	-7,7957	111,234	201,592	
9	TALIWANG	TWSJ	1,3846	5,76678	1,21955	6,75678	II-III	II	-8,7382	113,882	217,161	
10	GUMUK MAS JEMBER	GNLI	2,04041	1,80686	2,75026	2,75026	I-II	I	-8,2732	113,444	240,766	
11	BANYU GLUGUR	BLI	2,13667	2,138	1,90241	2,13667	I-II	I	-7,7454	113,59	251,185	
12	STA GEOF TRETES	TRFS	0,24907	0,51428	0,48032	0,51428	I	I	-7,661	112,689	334,786	
13	STA GEOF TRETES PRIGEN	TRJI	0,30937	0,36167	0,3529	0,36167	I	I	-7,706	112,635	338,055	
14	KARANGKATES	KFK	1,48995	2,7818	3,83207	3,83207	II-III	II	-8,1521	112,451	340,711	
15	STA MET SURABAYA	SUJI	0,50825	0,46927	0,51242	0,51242	I	I	-7,373	112,782	340,751	
16	ITS SURABAYA	ITSJ	0,83888	0,89745	0,5849	0,89745	I	I	-7,2831	112,794	341,665	
17	BIMBA	DBNI	0,95509	0,71342	0,6948	0,95509	I	I	-8,50188	113,312	352,955	
18	CRESIK	CRLI	0,25728	0,11632	0,10333	0,25728	I	I	5,0145	112,479	303,943	
19	STA MET BIMA	EMNI	2,8577	2,00888	1,55060	2,8577	I	I	8,5427	113,603	402,488	
20	SAWAHAN	SWJI	0,4026	0,80507	1,0638	1,0638	I	I	7,7349	111,767	422,452	
21	TAMBAK BOYO TJUBAN	TEJI	0,20919	0,07282	0,0944	0,20919	I	I	5,8179	111,848	435,888	
22	BAWEAN	EWLI	0,7252	0,70893	1,00799	1,00799	I	I	3,851	112,658	457,04	
23	NGAWI JATIM	NCJI	0,0998	0,05662	0,07875	0,07875	I	I	7,3676	111,46	455,698	
24	WAIKARIBAK	WRSI	0,15013	0,17337	0,21433	0,21433	I	I	0,5411	110,391	482,843	
25	IMS SOLO	IBSO	0,27689	0,11345	0,14007	0,27689	I	I	7,561	110,854	501,664	
26	STA MET LABUHAN BAIK	APB	0,58765	0,50297	0,58469	0,50297	I	I	8,4866	110,887	501,687	
27	ILILNO MATI	ILWII	0,11202	0,09049	0,10726	0,11202	I	I	5,4191	110,547	531,549	
28	LIYODI KAPETA	LIJI	0,18723	0,23745	0,20405	0,23745	I	I	7,687	110,415	533,073	
29	STA GEOF WAINCARLI	WAINI	1,02973	0,50268	0,52851	1,02973	I	I	0,669	100,298	580,105	
30	STA MET WAINCARLI	WICNI	0,58027	0,58155	0,23337	0,23337	I	I	0,5694	120,3	580,348	
31	BAING	BASI	0,15947	0,18885	0,16637	0,18885	I	I	10,2189	100,578	621,944	
32	CONG	CKS	0,04964	0,07954	0,05405	0,07954	I	I	5,21628	110,47	632,084	
33	KPILIMFY (STA GEOF BANIARMEGADA)	KPIM	0,04634	0,08375	0,07014	0,08375	I	I	7,668	100,668	643,677	
34	BENTENG SIAYAR	BSSI	0,15789	0,12326	0,14258	0,12326	I	I	5,1428	120,49	652,571	
35	BULU KLIMPA	BKSI	0,02153	0,02682	0,03091	0,03091	I	I	5,5219	100,122	636,72	
36	CIACAP	CSLI	0,05772	0,05902	0,05435	0,05772	I	I	7,681	100,189	605,799	
37	KARANG KLING	KPLI	0,0505	0,06263	0,07146	0,07146	I	I	2,3333	103,231	720,468	
38	CIMPAK CIAMIS	CMII	0,10773	0,11862	0,10459	0,11862	I	I	7,284	103,449	722,467	
39	TARIKMA AYA	TSNI	0,07399	0,14754	0,12072	0,14754	I	I	7,326	103,223	605,298	
40	CIAMIS	CNI	0,13131	0,1074	0,12627	0,13131	I	I	7,309	107,13	624,379	
41	SIAMARJE KLIPANG	KIJA	0,01716	0,06845	0,06838	0,01716	I	I	10,1912	123,61	624,367	
42	CIHEU	CHLI	0,01747	0,13248	0,08479	0,13248	I	I	5,4987	105,235	621,393	
43	CIPAHUJI JUNGKLON	CJLI	0,11538	0,09556	0,10035	0,11538	I	I	5,3135	105,693	615,46	
44	KORACHING JAMUNG	KASLI	0,01719	0,02086	0,02439	0,02439	I	I	5,5287	104,496	1254,89	
45	PNORAHU	PNLI	0,0461	0,13923	0,11902	0,13923	I	I	5,4526	102,277	1415,83	

IV. Peak Spectral Acceleration (PSA) Gempa Bumi Tenggara Denpasar Bali 22 Maret 2017

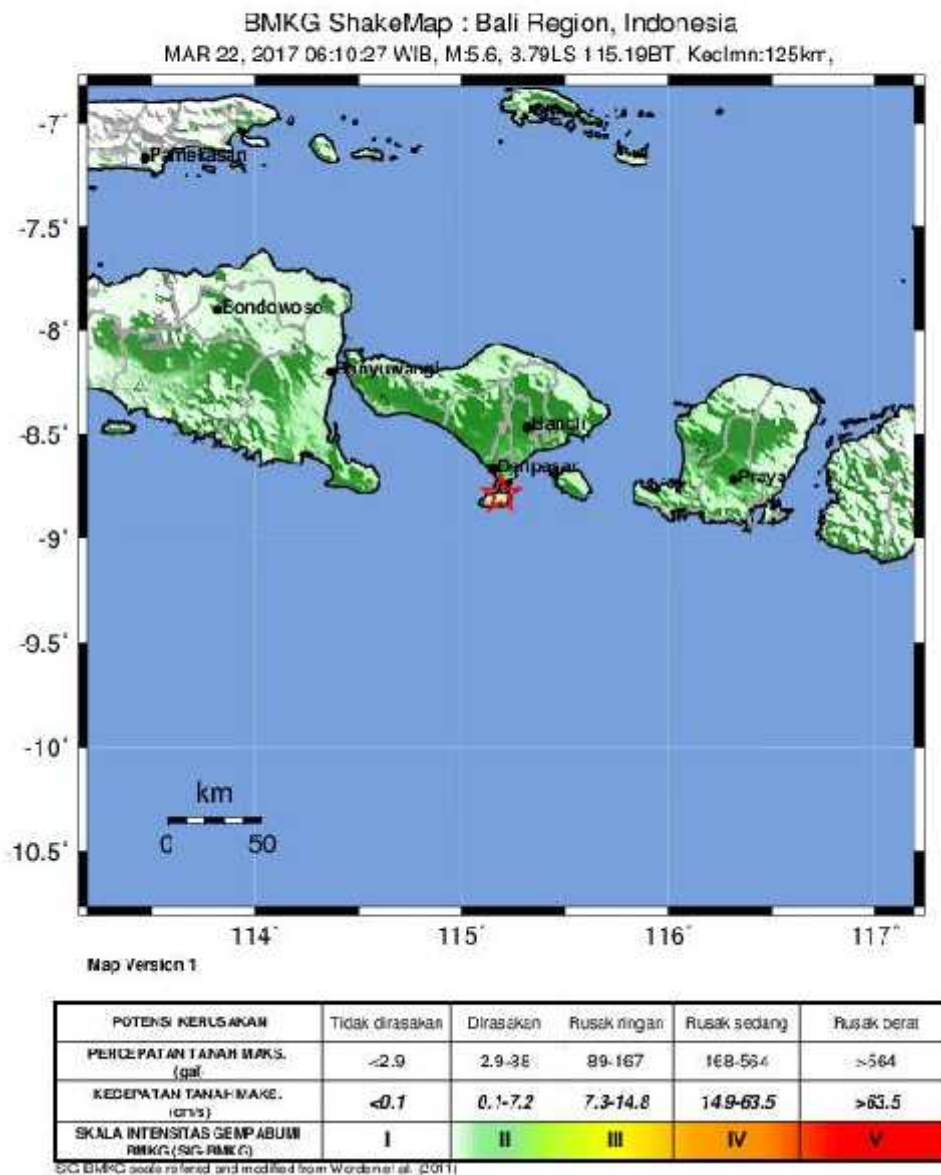
Dari hasil analisa *spectral acceleration* dapat dilihat nilai maksimum percepatan dicapai pada periode tertentu. Hasil analisa “quick analysis” spektra dari rekaman data akselerograf terbesar yaitu stasiun DNP ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai maksimum percepatan untuk stasiun DNP dicapai pada periode 0 detik sebesar 38 gal dan pada periode 0.2 detik sebesar ± 160 gal.



Gambar 3. . Spektra gelombang percepatan gempabumi Denpasar Bali 22 Maret 2017 pukul 06:10:27 WIB pada Stasiun DNP

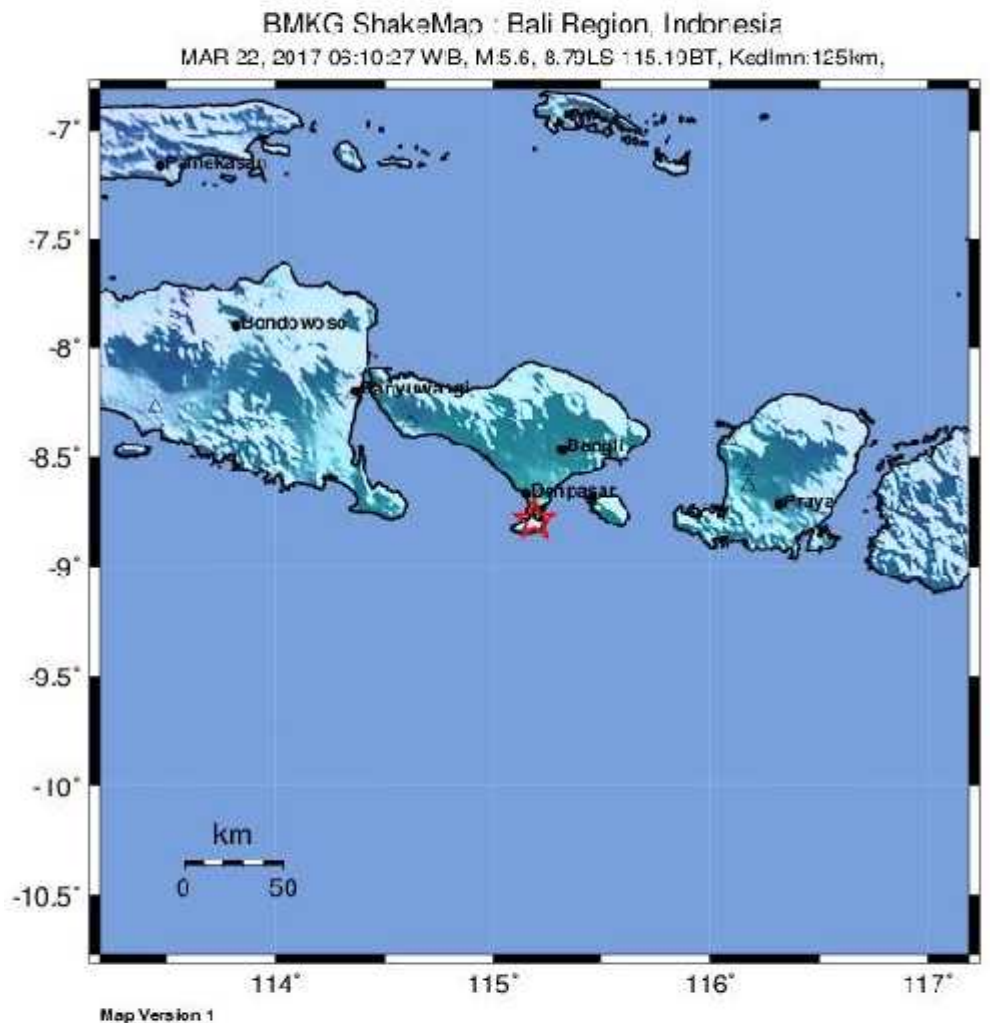
V. Shakemap

A. Shakemap Gempabumi Tenggara Denpasar Bali 22 Maret 2017 dalam SIG - BMKG



Gambar 4. Shakemap Gempabumi Tenggara Denpasar Bali 22 Maret 2017 pukul 06:10:27 WIB dalam SIG BMKG

B. Shakemap Gempabumi Tenggara Denpasar Bali 22 Maret 2017 dalam Skala MMI



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%)	<0.05	0.3	2.8	6.2	12	22	40	75	>139
PEAK VEL.(cm/s)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.6	20	41	66	>170
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X-XI

Scale based upon Worden et al. (2011)

Gambar 5. Shakemap Gempabumi Tenggara Denpasar Bali 22 Maret 2017 pukul 06:10:27 WIB dalam Skala MMI

VI. Gambar Kerusakan



Gambar 6. Gambar kerusakan pada bangunan Pura Kehen, Bangli akibat Gempabumi Tenggara Denpasar Bali 22 Maret 2017 pukul 06:10:27 WIB

VII. Daftar Istilah

Amplitudo adalah jarak/simpangan terjauh dari titik kesetimbangan dalam gelombang sinusoidal yang diakibatkan guncangan gempa.

Akselerograf adalah alat yang digunakan untuk mencatat percepatan tanah selama gempa bumi berlangsung, juga biasa disebut akselerometer.

Akselerogram adalah rekaman percepatan tanah selama terjadinya gempabumi.

ADC (Analog to Digital Converter) adalah suatu perangkat elektronik yang mengubah informasi analog menjadi digital atau dengan kata lain mengubah informasi fisik suatu rekaman menjadi informasi digital berupa angka yang mewakili perubahan informasi fisik dimaksud.

Episenter adalah informasi lokasi terjadinya gempabumi dalam koordinat garis lintang dan garis bujur.

Event adalah kejadian gempabumi yang terekam pada akselerogram.

g adalah satuan unit dari percepatan tanah dimana 1 g setara dengan 9.8 m/s^2 (percepatan gravitasi bumi).

Gals adalah satuan unit dari percepatan tanah dimana 1 gals setara dengan $1 \text{ cm/s}^2 = 980 \text{ g}$.

Getaran tanah adalah gerakan dinamik permukaan bumi yang bersumber dari gempa bumi atau sumber lain seperti ledakan, gunung berapi dan lain-lain. Getaran tanah merupakan efek dari gelombang yang dihasilkan oleh kejadian gempabumi atau sumber lain, yang kemudian menjalar keseluruhan bagian bumi dan permukaannya.

Hiposenter adalah informasi lokasi terjadinya gempabumi koordinat garis lintang, garis bujur dan kedalaman gempabumi.

Intensitas adalah sebuah besaran yang mencerminkan pengaruh guncangan gempabumi yang dirasakan pada permukaan.

Isoseismal adalah garis yang menghubungkan wilayah dengan nilai intensitas yang sama

Kode stasiun adalah kode nama yang digunakan untuk mengidentifikasi stasiun akselerograf. Kode stasiun terdiri dari 3 atau 4 kombinasi huruf.

Magnitudo adalah sebuah besaran yang menyatakan besarnya energi seismik yang dipancarkan oleh sumber gempabumi.

mSEED (miniSEED) adalah jenis format data seismologi yang menjadi bagian dari format standar SEED yang digunakan hanya untuk data time series tidak termasuk metadata sinyal bersangkutan.

Origin Time adalah informasi tanggal dan waktu terjadinya gempabumi.

Parameter gempabumi adalah informasi yang terkait kejadian gempabumi yang terekam pada akselerogram. Parameter gempabumi umumnya meliputi tanggal terjadinya, waktu terjadinya, koordinat episenter (dinyatakan dengan koordinat garis lintang dan garis bujur), kedalaman Hiposenter dan Magnitude.

Peak Ground Acceleration (PGA) atau Percepatan Getaran Tanah Maksimum akibat gempa bumi adalah: Percepatan getaran tanah maksimum yang terjadi pada suatu titik pada posisi tertentu dalam suatu kawasan yang dihitung dari akibat semua gempa bumi yang terjadi pada kurun waktu tertentu dengan memperhatikan besar magnitudo dan jarak hiposenternya, serta periode dominan tanah di mana titik tersebut berada.

Percepatan tanah adalah percepatan Getaran Tanah pada suatu titik yang diakibatkan guncangan gempa bumi.

Peta Isoseismal adalah peta yang menunjukkan wilayah yang mempunyai intensitas yang sama

Seismisitas adalah aktifitas seismic yang dapat digunakan untuk mengartikan geografi gempa bumi, terutama kekuatan (magnitudo) atau energi dan distribusinya di atas dan di bawah permukaan bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bryant, Edward, 2001, *Underrated Tsunami*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Imamura, Fumihiko et al, 2006, *Tsunami Modelling Manual*, Tohoku University, Japan.
- Pribadi, Sugeng, 2008, *Pemodelan Tsunami untuk Peringatan Dini BMKG*, Buletin Meteorologi dan Geofisika Vol.4 No.2 Juni 2008. Jakarta
- Coppersmith, Kevin J and Wells, Donald L, 1994. *New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement*, Bulletin of the Seismological Society of America.
- McCaffrey, R, dan Nabelek, J. 1987, *Earthquakes, Gravity and The Origin of The Bali Basin: An Example of A Nascent Continental Fold and Thrust Belt*, Journal of Geophysical Research, 92, 441-460.
- Puspito, T.N. 2002, *Tsunami and Earthquake Activity in Indonesia*, Petropavlovsk-Kamchatsky Tsunami Workshop.
- Strunz G, et al. 2010, *Tsunami Risk Assessment in Indonesia*, Natural Hazard and Earth System Science.
- Halauwet, Yehezkiel. 2012, *Tinjauan Tektonik dan Potensi Bahaya Tsunami di Daerah Bali*, BMKG, Jakarta.
- Daryono, 2011, *Identifikasi Sesar Naik Belakang Busur (Back Arc Thrust) Daerah Bali Berdasarkan Seismisitas dan Solusi Bidang Sesar*, BMKG, Jakarta.
- Zebua, Esther, *Estimasi Penentuan Daerah Rawan Tsunami di Nias Berdasarkan Perhitungan Run Up dengan Menggunakan Software Tsunami L-2008*, Laporan Kerja STMKG, Jakarta.