

## PERKIRAAN BAHAYA KEGEMPAAN DAERAH BANDUNG DENGAN MEMPERHITUNGKAN SESAR-SESAR AKTIF SEBAGAI SUMBER GEMPA

**Lina Handayani<sup>1</sup>, Dedi Mulyadi<sup>1</sup>, Dadan D. Wardhana<sup>1</sup>, Wawan H. Nur<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Jalan Sangkuriang Bandung 40135

Telpon: +62 022 2503654, Fax: +62 022 2504593

Email: lina001@geotek.lipi.go.id

### **Sari**

Catatan sejarah maupun katalog gempabumi tidak menunjukkan adanya gempabumi yang pernah melanda kota Bandung. Namun, Bandung dapat dianggap sebagai kota yang rentan terhadap bahaya kegempaan mengingat populasinya yang sangat tinggi dan endapan aluvial yang menutupi sebagian besar dataran Bandung. Bahaya kegempaan daerah ini dimodelkan dengan memasukkan beberapa sesar yang terletak di sekeliling dataran Bandung sebagai sumber getaran gempabumi. Perkiraan bahaya dihitung dalam bentuk percepatan gerakan tanah maksimum dengan menggunakan persamaan atenuasi Boore. Peta bahaya hasil perhitungan model gempabumi menunjukkan adanya 3 zona bahaya. Dua zona merupakan zona dengan tingkat bahaya relatif tinggi, yaitu zona berjarak dekat dengan sumber gempa dan zona cekungan Bandung Selatan. Satu zona yang terletak di antara kedua zona tersebut memiliki tingkat bahaya yang relatif rendah. Hasil pemodelan ini menunjukkan perlunya meningkatkan kewaspadaan terhadap bahaya gempabumi di daerah Bandung.

**Kata kunci:** Bahaya kegempaan, Cekungan Bandung, percepatan tanah maksimum, sesar aktif.

### **Abstract**

*Neither historical records nor earthquake catalogs are shown a devastated earthquake event ever strike Bandung Area. However, Bandung can be considered as one of the most vulnerable cities due to its high population and the alluvium formation that covered a large part of the Bandung plateau. The seismic hazard is modeled by considering several potential active faults that surround Bandung as the seismic sources. Hazard estimation is calculated in the form of peak ground acceleration using Boore's attenuation equation. The hazard map shows 3 hazard zones. Two zones that have high hazard potential level are the area near the source and the Bandung Basin area. A zone between those two has a relatively lower hazard potential level. This modeling indicates the necessity to raise our awareness toward the seismic hazard in Bandung Area.*

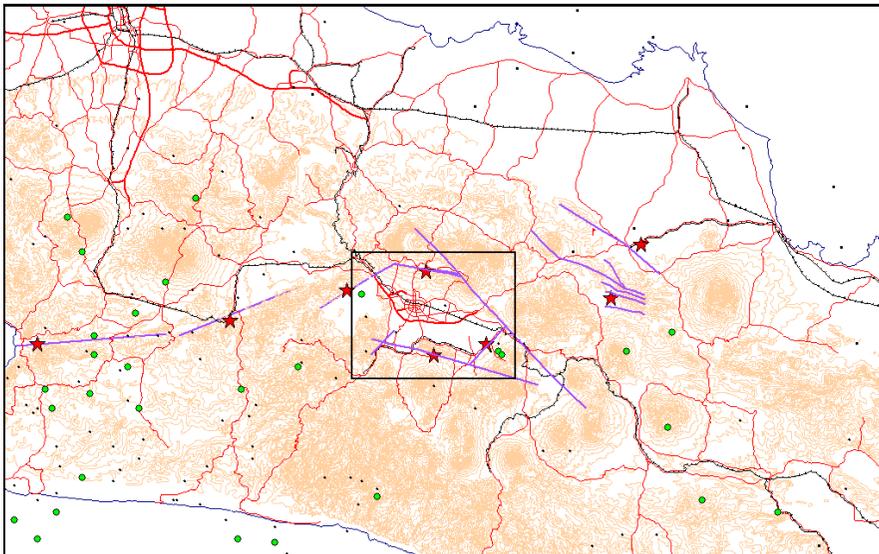
**Keywords:** seismic hazard, BandungBasin, Peak ground Acceleration, active faults.

### **PENDAHULUAN**

Daerah cekungan Bandung, seperti juga hampir seluruh wilayah di Kepulauan Indonesia, merupakan daerah yang dipengaruhi oleh aktifitas gempabumi. Gempa-gempabumi akibat langsung dari pergerakan pada lempeng penunjaman Indo-Australia mungkin relatif tidak terlalu berbahaya karena jarak yang cukup jauh. Namun ternyata Bandung dikelilingi oleh beberapa sesar aktif. Catatan kejadian gempabumi menunjukkan beberapa kejadian gempabumi dengan kedalaman dangkal yang dapat diasosiasikan sebagai gempa akibat aktifitas sesar (Gambar 1). Populasi dan infrastruktur yang sangat padat menambah tingginya tingkat kerentanan daerah cekungan Bandung ini.

Batas daerah pembahasan dalam kajian ini meliputi daerah Bandung dan sekitarnya yang dibatasi oleh lereng-lereng pegunungan di semua sisi. Batas di sebelah Utara adalah Cimahi – Subang, atau lereng Gunung Burangrang dan Gunung Tangkubanparahu. Sisi sebelah Barat adalah Waduk Saguling di Padalarang. Daerah penelitian mencapai daerah Sumedang di sisi Timur. Sedangkan kompleks Gunung Guntur di Garut membatasi sisi Selatannya. Dataran rendah di tengah Bandung yang merupakan dasar dari danau Bandung purba merupakan dataran aluvial halus yang sangat rentan terhadap getaran seismik. Sedangkan daerah pegunungan yang mengitari Bandung pada umumnya terbentuk atas batuan beku yang lebih kuat menahan getaran.

Pada kenyataannya, tingkat kerusakan dan banyaknya korban akibat suatu gempa bumi tidak hanya tergantung pada besarnya gempa dan jarak dari sumber gempa. Faktor utama yang juga sangat mempengaruhi besarnya bencana adalah pergerakan tanah yang diakibatkan oleh gempa bumi. Oleh sebab itu, dalam kajian ini kami menyusun peta percepatan gerakan tanah untuk menganalisis bahaya kegempaan di daerah Bandung, yang kemudian digunakan untuk membuat zonasi daerah rawan bahaya kegempaan. Pembagian zonasi daerah rawan bahaya gempa bumi sangat penting dalam usaha efisiensi mitigasi.



**Gambar 1.** Daerah penelitian. Kotak hitam menunjukkan daerah pemodelan, Garis ungu adalah kelurusan sesar-sesar. Bintang merah adalah titik-titik fokus gempa yang dimodelkan. Lingkaran hijau kecil merupakan sebaran episenter gempa-gempa dangkal dengan magnituda lebih dari 5 yang tercatat dalam katalog USGS/NEIC sejak tahun 1973.

## METODOLOGI

Dalam usaha mitigasi, kita memerlukan pengetahuan tentang apa yang akan terjadi jika suatu gempa menimpa suatu daerah tertentu. Saat gempa terjadi, korban berjatuh karena bangunan atau infrastruktur yang rusak. Dan rusaknya infrastruktur ternyata tidak hanya tergantung pada magnituda gempa dan jaraknya terhadap sumber gempa. Jenis/formasi batuan, dimana bangunan atau infrastruktur itu berdiri, memainkan peranan yang sangat penting. Ada beberapa jenis/formasi batuan yang dapat meredam besarnya guncangan sehingga bangunan yang berada

di atasnya cukup stabil. Tetapi ada juga formasi batuan yang justru dapat memperbesar (mengamplifikasi) guncangan akibat gelombang gempa. Oleh sebab itu, percepatan pergerakan tanah di anggap sebagai parameter yang cukup baik dalam memperkirakan tingkat bahaya akibat gempabumi.

### ***Persamaan Atenuasi***

Terdapat banyak sekali persamaan atenuasi untuk menghitung percepatan gerakan tanah yang telah dipublikasikan. Sayangnya, belum ada yang disusun berdasarkan penelitian di daerah di Indonesia, Oleh sebab itu, kami mencari pendekatan yang terbaik untuk kondisi daerah Bandung. Persamaan dari Boore (1997) terpilih karena persamaan ini diperoleh berdasarkan penelitian di daerah California dengan sifat tektonik yang sebanding dengan daerah penelitian ini. Dan juga karena data gempabumi yang digunakan merupakan gempa-gempa akibat sesar-sesar di segmen Zona Sesar San Andreas. Persamaan empiris rumus Boore (1997) adalah sebagai berikut:

$$\log Y = b_1 + b_2(M - 6) + b_3(M - 6)^2 + b_4r + b_5 \log r + b_V(\log V_{s30} - \log V_A)$$

dengan konstanta-konstanta yang digunakan:

$$b_1 = -0.105, b_2 = 0.229, b_3 = 0, b_4 = 0, b_5 = -0.778, h = 5.57, b_V = -0.371 \text{ dan } V_A = 1400,$$

dimana:

$r = \sqrt{d^2 + h^2}$ , dengan  $d$  adalah jarak episenter,  $M$  adalah magnituda gempa,  $V_{s30}$  adalah kecepatan gelombang S pada kedalaman 30 m dan  $Y$  adalah pergerakan tanah horisontal dalam satuan  $g$ .

### ***Kecepatan Gelombang Seismik Geser ( $V_{s30}$ )***

Penentuan kecepatan gelombang seismik  $V_{s30}$  dilakukan berdasarkan formasi geologi dengan membandingkannya dengan karakterisasi yang dilakukan oleh Wills dkk (2000) di daerah California yang didukung oleh pengukuran lapangan kecepatan gelombang S. Peta geologi yang digunakan adalah Peta Geologi Cekungan Bandung (Marjiyono dkk, 2008) yang merupakan kompilasi dari beberapa lembar peta geologi. Secara garis besar, formasi geologi dibagi menjadi 3 kelompok: batuan keras (B, *hardrock*, batuan malihan dan batuan gunungapi), batuan lunak (C, *softrock*, batuan sedimen) dan endapan aluvial (D). Batuan beku yang dianggap berumur relatif lebih muda dikategorikan sebagai BC. Sedangkan batuan sedimen berumur Miosen atau lebih muda dikategorikan sebagai CD. Adapun klasifikasi berikut nilai perkiraan kecepatan tercantum dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Karakterisasi kecepatan gelombang S

Formasi geologi	Kategori	V <sub>s30</sub> (m/detik)
<b>Qvu</b> , Batuan Gunungapi tak Teruraikan <b>Qob</b> , Breksi, lahar produk G. Api Sunda	B	> 760
<b>Qmt</b> , Tufa dan lahar G. Malabar <b>Qgpk</b> , Tufa dan breksi G. Guntur, Pangkalan dan Kendang <b>Qmm</b> , Tufa dan lava G. Mandalawangi <b>Qyu</b> , Batuan gunungapi tak teruraikan G.. Tangkubangparahu <b>Qyt</b> , Tufa dan batuapung Produk G. Tangkubangparahu <b>Qyd</b> , Tufa pasiran produk G. Tangkubangparahu	BC	555 - 1000
<b>PB</b> , Breksi tufaan, lava batupasir, konglomerat	CD	270 - 555
<b>Ql</b> , Endapan danau	D	180 - 360

### **Sumber gempabumi**

Dalam tulisan ini, sumber gempa yang kami perhitungkan adalah sesar-sesar di sekitar Bandung yang diperkirakan aktif. Dari beberapa sumber pemetaan struktur dan catatan gempa, sesar-sesar tersebut adalah Sesar Cimandiri, Sesar Rajamandala, Sesar Lembang, Sesar Baribis, Sesar Cicalengka dan Sesar Anjak (*thrust belt*) Majalengka.

*Sesar Lembang* memanjang kurang lebih 22 km dengan arah barat-timur di utara kota Bandung dengan penampakan gawir yang menonjol dengan tinggi 2 – 4 meter. Beberapa gempa kecil (magnituda 3 – 4) dilaporkan cukup sering terjadi di sekitar daerah Lembang (sumber: BMG, tidak ter katalogkan).

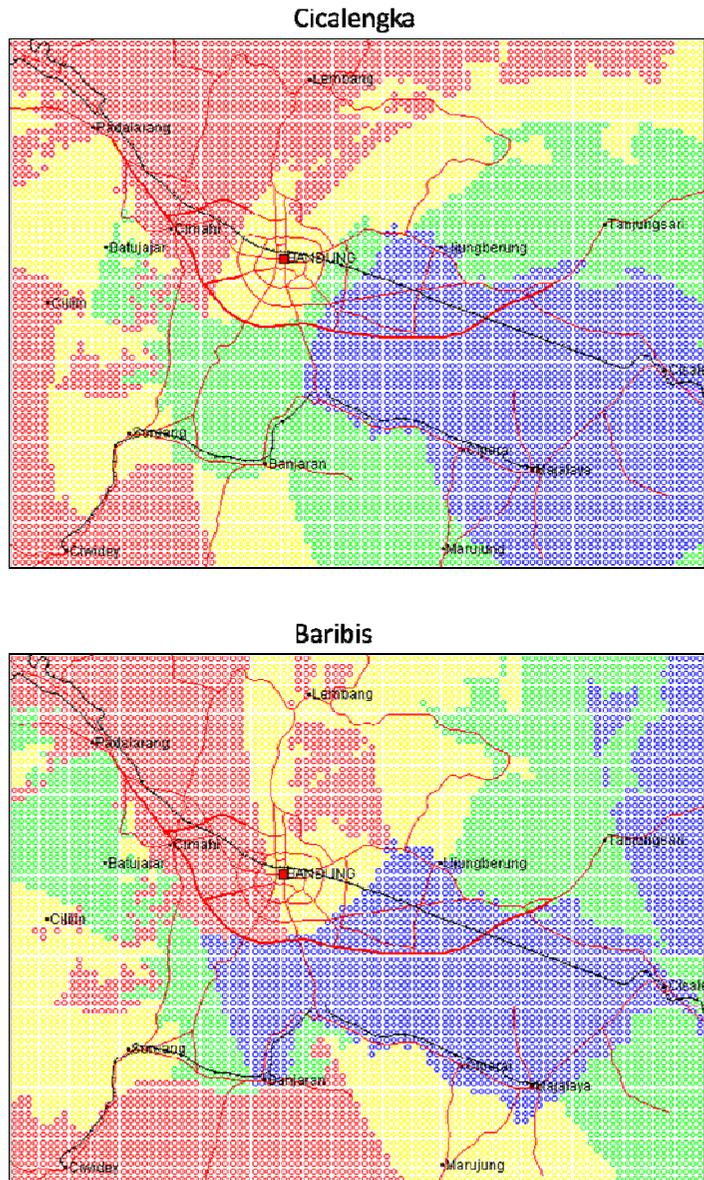
*Zona Sesar Cimandiri* merupakan zona sesar strike-slip mengiri (Dardji dkk, 1994) yang berarah baratdaya-timurlaut memanjang dari daerah Pelabuhan Ratu di selatan Jawa Barat hingga daerah Padalarang. Zona sesar ini terdiri dari beberapa segmen. Selain sesar utama tersebut, di sekitar pantai selatan di sisi timur S. Cimandiri, terdapat kompleks struktur Cimandiri yang terdiri dari beberapa sesar berarah baratlaut-tenggara. Sesar-sesar ini cukup aktif dilihat dari banyaknya gempabumi dengan magnituda lebih dari 5 yang terjadi selama 30 tahun terakhir (Gambar 1).

*Sesar Rajamandala* terletak di sisi timur Saguling merupakan kelanjutan dari Sesar Cimandiri dengan ujung utaranya tepat di ujung barat dari Sesar Lembang. Sesar ini memiliki catatan kejadian gempabumi dengan magnituda 4.4 pada tanggal 15 April 2005.

*Sesar Baribis* terletak di utara Subang hingga ke Majalengka dengan arah baratlaut-tenggara. Pengukuran GPS di sepanjang sesar ini menunjukkan adanya pergeseran 1-2 cm/tahun dengan arah tenggara (Abidin dkk, 2008).

*Majalengka Thrust Belt* merupakan kompleks sesar dan lipatan yang terletak di antara Majalengka dan Kadipaten. Sisi utara dibatasi oleh penerusan Sesar Baribis yang berbelok ke arah tenggara. Struktur paling selatan adalah Sesar Naik Cadasngampar (Martodjojo, 1984). Aktifnya daerah ini ditunjukkan oleh kejadian gempabumi bersumber di Sesar Cadasngampar pada tanggal 6 Juli 1990 dengan magnituda 5.5.

*Sesar Cicalengka* terletak di selatan Bandung memanjang dari Cicalengka ke arah baratdaya (Gambar 1). Sesar ini aktif dengan adanya beberapa catatan gempa bumi yang terjadi di daerah sesar ini, antara lain gempa bumi tanggal 2 Februari 2005 dengan magnituda 4.8 dan tanggal 27 Agustus 2008 dengan magnituda 3.9 (Marjiyono dkk, 2008).



**Gambar 2.** Dua dari 8 hasil perhitungan pergerakan tanah maksimum akibat gempa bumi yang bersumber di Sesar Cicalengka dan Sesar Baribis. Nilai percepatan adalah dalam g ( $\text{cm/det}^2$ ).

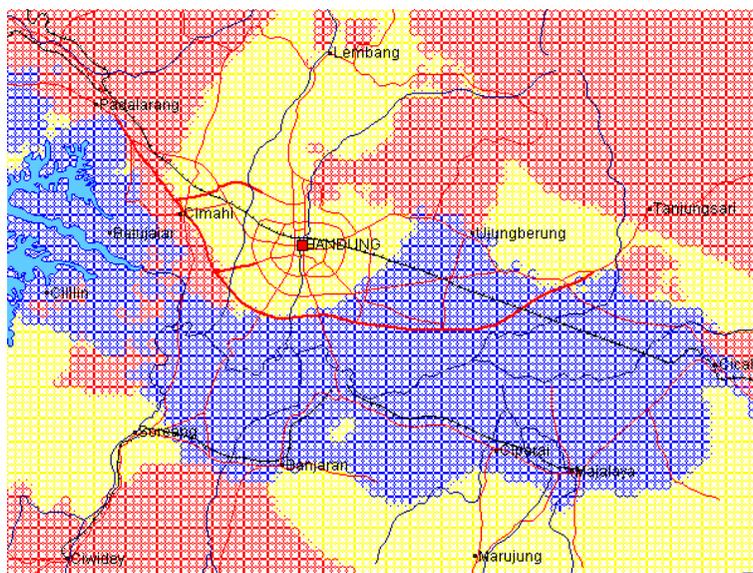
**Tabel 2.** Lokasi sumber-sumber gempa bumi yang dimodelkan.

No	Nama Sesar	Lat	Lon	Lokasi
1	Sesar Bandung Selatan / Banjaran	107.65	-7.05	Baleendah
2	Sesar Lembang	107.63	-6.83	Maribaya
3	Sesar Cicalengka	107.79	-7.02	Cicalengka
4	Sesar Baribis	108.20	-6.76	Kadipaten
5	Sesar Rajamandala	107.42	-6.88	Batuajar
6	Sesar Cimandiri	107.11	-6.96	Cibeber
7	Sesar Cimandiri	106.60	-7.02	Pelabuhan Ratu
8	Majalengka Thrust Belt	108.12	-6.90	Cadasngampar

## HASIL

Berdasarkan analisis sesar di atas, kami menghitung model pergerakan tanah maksimum akibat gempa dari sesar-sesar yang diperkirakan aktif tersebut. Delapan titik fokus gempa dicoba dalam perhitungan (Tabel 2) dengan magnituda 6 dan menggunakan persamaan Boore seperti telah diuraikan dalam metodologi. Gambar 2 menunjukkan dua dari 8 peta pergerakan maksimum hasil perhitungan. Tampak bahwa nilai pergerakan tanah maksimum tertinggi adalah daerah di sekitar sumber gempa. Secara teori, semakin jauh dari sumber gempa semakin kecil nilai percepatannya. Namun pola nilai percepatan pergerakan tanah maksimum lebih bervariasi daripada itu. Pengaruh jenis formasi batuan sangat jelas dimana endapan aluvial di daerah Bandung Selatan (di semua model) selalu memiliki nilai percepatan yang tinggi.

Dari ke 8 peta pemodelan gempa bumi, kami rata-ratakan nilai percepatan tanah pada setiap titik perhitungan dan menjadi satu peta zonasi yang menunjukkan kelas resiko bahaya gempa bumi (Gambar 3).



**Gambar 3.** Zonasi daerah bahaya gempa bumi.  
 (Biru = tinggi, kuning=menengah, merah = rendah)

## **DISKUSI**

Dari catatan/data gempabumi yang ada, tercatat tidak sedikit kejadian gempabumi yang bersumber di daerah sesar yang terletak di seputar daerah Bandung. Pada umumnya, gempabumi-gempabumi tersebut tidak cukup besar. Sebagian besar dari gempabumi tersebut sedikit merusak di daerah dekat sumber gempanya dan hanya sedikit yang benar-benar terasa di kota Bandung sendiri. Walaupun begitu, kejadian-kejadian tersebut juga menunjukkan adanya bahaya nyata dari gempabumi terhadap daerah Bandung. Pemodelan dengan menghitung percepatan pergerakan tanah memperlihatkan kemungkinan gerakan tanah jika suatu gempa akibat suatu sesar bergerak. Dalam semua model tampak bahwa percepatan terbesar dialami oleh daerah di sekitar sesar yang bergerak dan daerah selatan kota Bandung yang terbentuk pada formasi endapan danau.

Daerah dalam zona bahaya rendah (merah dalam Gambar 3) terutama merupakan sawah, ladang, perkebunan dan hutan sekunder (Narulita dkk, 2008). Sedikit area pemukiman termasuk dalam zona bahaya rendah ini, yaitu daerah Cimahi Utara, daerah di timurlaut kota Bandung, sebelah selatan Soreang-Banjaran, serta area sempit di sisi barat kota Bandung.

Kota Bandung hingga Lembang terletak dalam zona bahaya menengah. Begitu pula dari Ujung Berung ke timur, dari Soreang ke barat dan daerah selatan Banjaran-Majalaya. Daerah terendah dari cekungan Bandung termasuk dalam zona bahaya tinggi.

## **KESIMPULAN**

Peta bahaya hasil perhitungan model gempabumi menunjukkan adanya 3 zona bahaya. Zona dengan tingkat bahaya tinggi yaitu zona cekungan Bandung Selatan. Zona bahaya rendah meliputi daerah di sisi timurlaut, baratlaut dan baratdaya daerah penelitian. Daerah di antara kedua zona tersebut merupakan daerah dengan tingkat bahaya menengah. Hasil pemodelan ini menunjukkan perlunya meningkatkan kewaspadaan terhadap bahaya gempabumi di daerah Bandung.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Riset yang dilakukan dalam tulisan ini merupakan bagian dari Riset Tematik DIPA 2008/2009 Puslit Geoteknologi LIPI. Terimakasih kami ucapkan kepada Bapak Suwijanto untuk masukan dan juga peta sesarnya yang merupakan hasil interpretasi dari citra Landsat. Juga terimakasih untuk Bapak Kamtono dan Maruf Mukti untuk diskusi-diskusi seputar sesar-sesar aktif dalam bahasan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Abidin, H. Z. , Andreas, H., Kato, T., Ito, T., Meilano, I., Kimata, F., Natawidjaja , D., Harjono, H., 2008. *Crustal deformation studies in Java (Indonesia) using GPS*, Proceeding Symposium on Giant Earthquakes and Tsunamis Phuket, 69-74.
- Dardji, N., Villemin, T., Rampnoux, J.P., 1994. *Paleostress and strike slip movement: the Cimandiri Fault Zone, East Java, Indonesia*. Journal of SE Asian Earth Sci., 9 (1-2), 3-11.

- Marjiyono, Soehaimi, A., Kamawa, 2008. *Identifikasi Sesar Aktif Daerah Cekungan Bandung dengan Citra Landsat dan Kegempaan*. Jurnal Sumber Daya Geologi Vol. 18 No. 2, 81 – 88.
- Martodjojo, S, 1984. *Evolusi Cekungan Bogor Jawa Barat*. Penerbit ITB, Bandung.
- Narulita, I., Rahmat, A., Maria, R., 2008. *Aplikasi Sistem Informasi Geografi Untuk Menentukan Daerah Prioritas Rehabilitasi di Cekungan Bandung*. Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan, Vol 18 No.1, 23-35.
- Wills, C.J. M. Petersen, W.A. Bryant, M. Reichle, G.J. Saucedo, S. Tan, G. Taylor, and J.,Treiman, 2000. *A site conditions map for California based on geology and shear wave velocity*. Bull. Seism. Soc. Am. 90, S187-S208.