

PEMBUATAN PETA GEMPA DAN ANALISIS SPESIFIK SITUS UNTUK ANJUNGAN LEPAS PANTAI, STUDI KASUS PANTAI UTARA JAWA DENGAN MENGGUNAKAN ISO 19901-2:2004

Dega Damara Aditramulyadi¹ dan Hendriyawan²

Program Magister Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Jalan Ganesha 10 Bandung 40132

¹degadamara@students.itb.ac.id dan ²hendriyawan@ocean.itb.ac.id

Indonesia saat ini belum memiliki standar khusus dalam merancang struktur tahan gempa untuk struktur lepas pantai. Pada tahun 2004, International Organization for Standardization (ISO) mengeluarkan ISO 19901-2:2004 yang memberikan panduan metode yang lebih runut dalam menentukan beban gempa daripada standar yang umum digunakan saat ini. Dalam standar ini analisis seismik dilakukan untuk dua tingkat gempa, gempa tingkat ekstrem (*Extreme Level Earthquake*, ELE) dan gempa tingkat abnormal (*Abnormal Level Earthquake*, ALE). Penelitian ini menyajikan pembuatan peta bahaya seismik untuk periode ulang 1000 tahun di perairan pantai utara Pulau Jawa, Indonesia dan spektra desain untuk contoh kasus struktur L3 di lokasi studi.

Pembuatan peta gempa dilakukan dengan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) menggunakan program USGS PSHA. Metoda penentuan percepatan gempa untuk desain struktur yang diberikan oleh ISO 19901-2:2004 terdiri dari dua metode, yaitu metode *simplified* dan metode *detailed (site-specific)*. Dalam penelitian ini, kedua metode digunakan untuk mendapatkan besar percepatan gempa yang diperlukan untuk desain fondasi struktur anjungan lepas pantai baik fondasi dangkal maupun dalam.

Zona seismik berdasarkan ISO 19901-2:2004 pada pantai utara Jawa dalam lingkup studi ini mayoritas masuk dalam kategori 2 dengan sebagian kecil pada jarak yang cukup jauh masuk dalam kategori 1. Untuk kedua kejadian gempa ALE dan ELE, pada struktur L3 dengan periode natural 2,5 detik di lokasi studi, nilai percepatan untuk fondasi dangkal akan lebih besar bila digunakan metode *simplified* ISO 19901-2:2004. Sementara untuk fondasi dalam metode *site-specific* memberikan nilai yang sedikit lebih konservatif.

Kata kunci: peta bahaya gempa, PSHA, *simplified method*, *site-specific*, ALE, ELE

1 PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia terletak di daerah yang sangat kompleks secara tektonik dan area yang sangat aktif (Asrurifak, Irsyam, Budiono, Triyoso, & Hendriyawan, 2010). Namun sampai saat ini, tidak ada standar dalam merancang struktur tahan gempa untuk struktur lepas pantai khusus untuk

di wilayah Indonesia. Pada tahun 2004, *The International Organization for Standardization* (ISO) mengeluarkan prosedur yang lebih mengeluarkan ISO 19901-2:2004 yang memberikan metode yang lebih runut dalam menentukan beban gempa yang digunakan untuk analisis seismik untuk dua tingkat gempa; gempa tingkat ekstrem (*Extreme Level*

Earthquake, ELE) dan gempa tingkat abnormal (*Abnormal Level Earthquake*, ALE). Dua prosedur alternatif diusulkan dalam ISO 19901-2:2004 untuk mengembangkan kedua tingkat gempa tersebut. Pertama yaitu metode yang disederhanakan (*simplified method*), dan metode yang terperinci (*detailed method*). Pemilihan prosedur yang tepat tergantung pada tingkat paparan struktur (*exposure level*) dan intensitas yang diharapkan, serta karakteristik peristiwa seismik. Metode yang disederhanakan dapat digunakan ketika pertimbangan seismik tidak mungkin untuk mengatur desain struktur, sedangkan metode terperinci dapat digunakan ketika pertimbangan seismik memiliki dampak signifikan pada desain (ISO 19901-2:2004).

Penelitian ini menyajikan pengembangan peta bahaya seismik untuk periode ulang 1000 tahun di perairan pantai utara Pulau Jawa, Indonesia. Dua peta bahaya spektral untuk periode osilator 1.0s dan untuk periode osilator 0.2s akan dikembangkan menggunakan pendekatan probabilistik. Model sumber seismik akan dikembangkan berdasarkan data dan informasi terbaru di Indonesia seperti dari PuSGeN (Pusat Studi Gempa Nasional) dan/atau hasil-hasil penelitian terbaru. Setelah didapatkan peta zona seismik berdasarkan ISO, selanjutnya akan diambil studi kasus pada sebuah titik di daerah pantai utara Pulau Jawa untuk dibuatkan analisis spesifik situs. Analisis ini dilakukan dengan cara merambatkan gelombang gerakan tanah (*ground motion*) dari batuan dasar ke permukaan untuk mendapatkan parameter pergerakan tanah di permukaan. Untuk kemudian dapat digunakan untuk mendesain fondasi dangkal maupun dalam terhadap beban gempa.

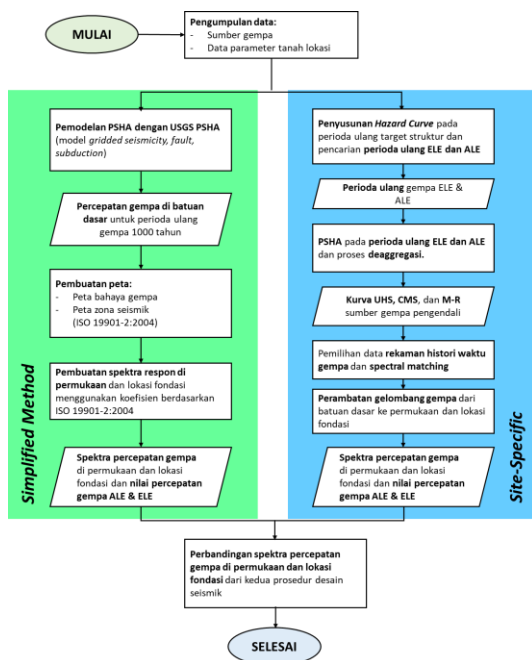
2 METODOLOGI

Untuk mencapai tujuan penelitian tersebut, pada penelitian ini akan

dilakukan beberapa tahapan. Pertama yaitu dengan mengumpulkan parameter sumber-sumber gempa di sekitar lokasi dan data tanah pada titik lokasi studi. Selanjutnya dilakukan dua bagian besar tahapan pengerjaan. Pertama yaitu bagian penentuan beban seismik dengan menggunakan metode yang disederhanakan (*simplified method*). Pada metode ini diawali dengan pembuatan peta bahaya gempa (*seismic hazard map*) yang didasarkan hasil analisis bahaya seismik menggunakan metode probabilistik (*Probabilistik Seismic Hazard Analysis*, PSHA) menggunakan perangkat lunak USGS PSHA.

Setelah peta didapatkan, kemudian diambil suatu titik lokasi studi untuk mendapatkan besar beban seismik pada tingkat *Extreme Level Earthquake* (ELE) dan *Abnormal Level Earthquake* (ALE) berdasarkan prosedur *simplified method* dari ISO 19901-2:2004. Bagian kedua pada dasarnya memiliki tujuan yang sama dengan bagian pertama. Hanya saja lebih memperhatikan secara khusus kondisi tanah di lokasi yang disebut juga sebagai metode analisis spesifik situs (*site specific analysis*). Metode ini, diawali dengan penyusunan kurva bahaya gempa (*hazard curve*) pada periode ulang target struktur. Dengan prosedur yang diberikan ISO 19901-2:2004, dicari periode ulang gempa ALE dan ELE yang nantinya dijadikan dasar periode ulang untuk PSHA. Hasil PSHA selanjutnya dilakukan deaggregasi untuk mencari tahu sumber gempa pengendali (*controlling source*). Sumber gempa tersebut menjadi acuan untuk mencari gerakan tanah (*ground motion*) serupa di lokasi lain untuk kemudian dilakukan *spectral matching* terhadap spektra target di batuan dasar lokasi tinjau. Dengan menggunakan konsep perambatan gelombang geser 1D, gerakan tanah hasil

spectral matching dirambatkan ke permukaan dan lokasi fondasi untuk mendapatkan beban gempa ALE dan ELE untuk fondasi. Berdasarkan kedua bagian tersebut, nantinya akan dilakukan perbandingan antara kedua hasil metode penyusunan beban gempa. Ilustrasi dari metodologi yang digunakan dalam penelitian ini, ditunjukkan pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1 Diagram alir penelitian.

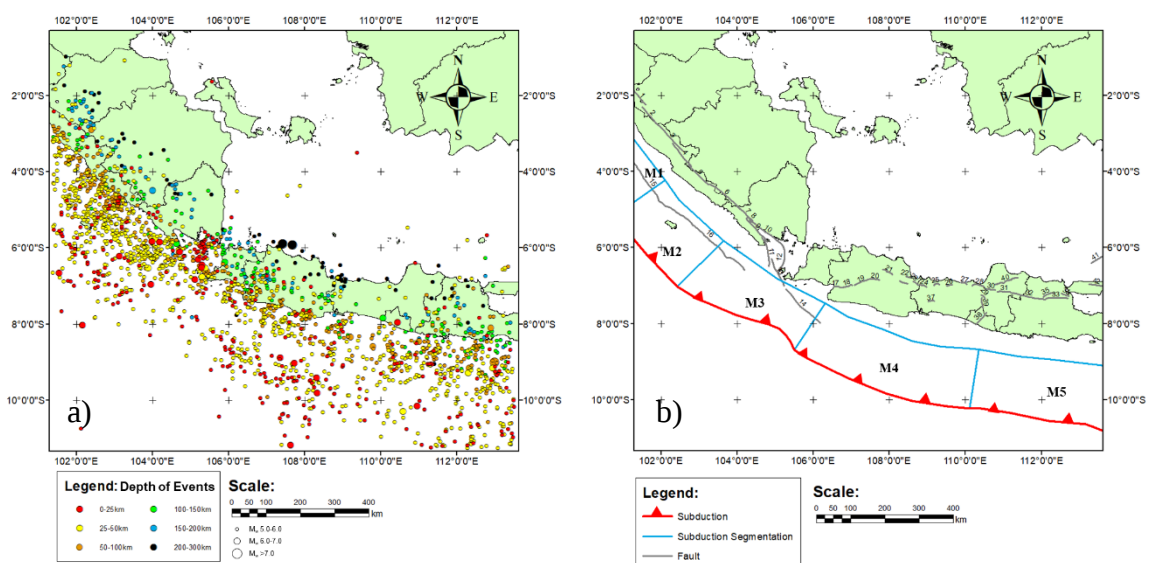
3 DATA DAN STUDI KASUS

Lokasi studi pada penelitian ini ialah perairan utara Pulau Jawa sejauh ± 100 km atau hingga garis lintang 5° dari titik paling utara Pulau Jawa.

Pada studi ini, untuk melihat perbandingan antara penggunaan *simplified method* dan *site specific* diasumsikan bahwa struktur memiliki tingkat paparan (*exposure level*) L3 (*unmanned – low consequences*).

Struktur yang digunakan dalam studi ini diasumsikan memiliki periode natural struktur, atau disebut juga periode dominan struktur (T_{dom}), sebesar 2,5 detik. Estimasi panjang penetrasi tiang untuk jenis fondasi dalam digunakan sebesar 150' (45,72m) yang menembus hingga kedalaman 146' (44,5m) dan kemiringan $13,24^\circ$. Sementara untuk lokasi kedalaman 1/3 panjang tiang yaitu pada kedalaman 48,67' (14,83m).

Sumber gempa yang diperhitungkan dalam studi ini meliputi data katalog gempa dan sumber gempa sesar dan subduksi:

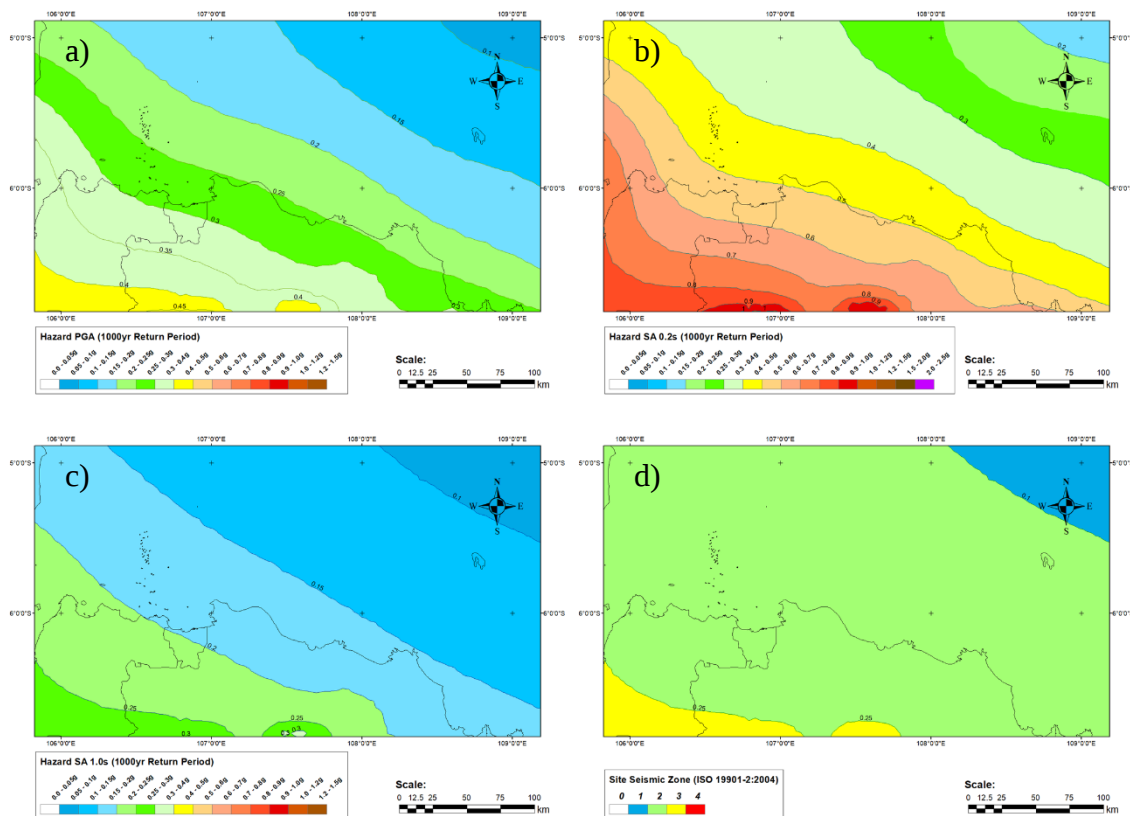


Gambar 3-1 a) Peta katalog gempa yang telah melalui *declustering*, b) Peta sumber sesar dan subduksi di wilayah sekitar lokasi studi (Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN), 2017)

4 PETA GEMPA

Berdasarkan hasil tersebut, ketiga peta gempa 1000 tahun juga memiliki kemiripan kontur dengan Buku Peta Gempa Indonesia tahun 2017 walau nilainya masih sedikit lebih besar untuk PGA dan periode 0,2 detik, serta sedikit lebih kecil untuk periode 1,0 detik. Hal ini disebabkan karena fungsi atenuasi yang berbeda pada sumber sesar dan subduksi antara yang digunakan pada studi ini dengan Buku Peta Gempa Indonesia tahun 2017. Sementara jika dibandingkan dengan ISO 19901-2:2004. Nilai percepatan pada peta gempa yang

dihasilkan dengan yang ada pada standar tersebut di area Pantai Utara Jawa memiliki perbedaan tidak terlalu jauh. Untuk nilai percepatan pada periode 0,2 detik, hasil USGS PSHA berkisar 0,4-0,5g sementara pada ISO 19901-2:2004 nilainya berkisar 0,5g. Sementara untuk periode 1,0 detik, nilai percepatan berkisar 0,1-0,2g berbanding dengan 0,2g yang diberikan ISO 19901-2:2004. Berdasarkan peta zona seismik situs, lokasi studi yang ditinjau pada penelitian ini berada pada zona seismik 2 ($S_{a, map}(1,0) = 0,11 - 0,25g$).



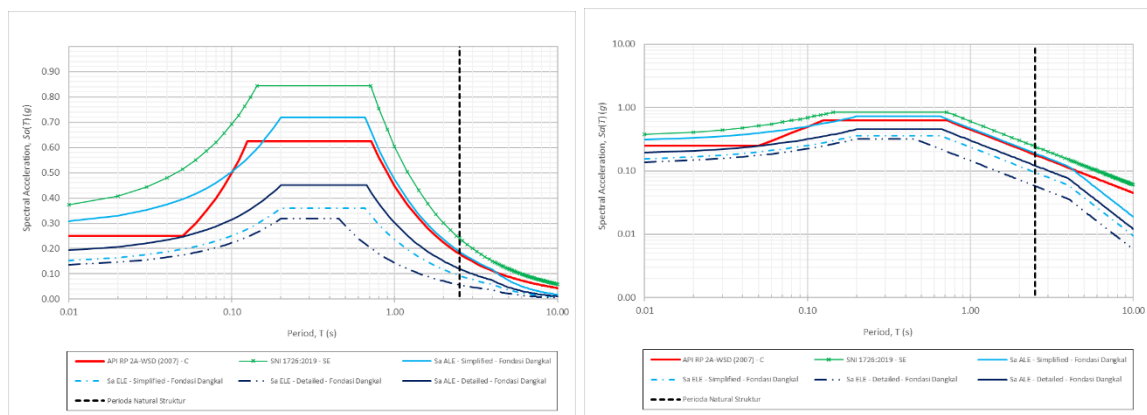
Gambar 4-1 a) peta gempa untuk PGA pada periode ulang 1000 tahun; b) peta gempa untuk periode 0,2 detik pada periode ulang 1000 tahun; c) peta gempa untuk periode 1,0 detik pada periode ulang 1000 tahun; d) peta zona seismik situs untuk wilayah Pantai Utara Jawa berdasarkan ISO 19901-2:2004

5 DESAIN BEBAN GEMPA

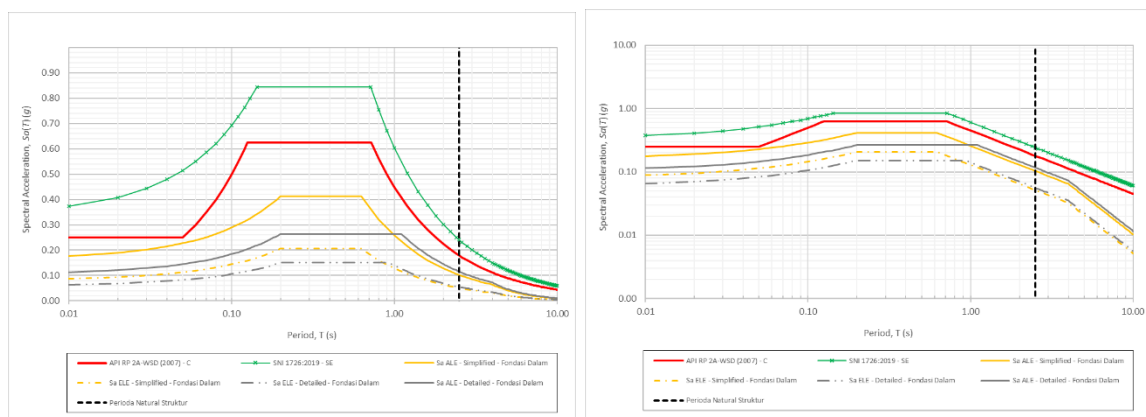
Berikut disajikan perbandingan spektra desain berdasarkan metode yang diberikan pada API RP 2A-WSD (2007), SNI 1726:2019, maupun kedua metode ISO 19901-2:2004. Spektra desain untuk fondasi dangkal ditunjukkan pada Gambar 5-1. Sementara untuk fondasi dalam ditunjukkan pada Gambar 5-2.

Percepatan gempa berdasarkan metode *simplified* ISO 19901-2:2004 untuk

kejadian ALE pada fondasi dangkal, memiliki nilai yang cukup konservatif yaitu sebesar 0,189g, diatas percepatan yang diberikan API RP 2A-WSD (2007) walau masih dibawah SNI 1726:2019 (0,242g). Sementara untuk kejadian sisanya, nilai percepatan dari metode ISO 19901-2:2004 lebih rendah daripada API RP 2A-WSD (2007) maupun SNI 1726:2019.



Gambar 5-1 Perbandingan spektra desain untuk fondasi dangkal.



Gambar 5-2 Perbandingan spektra desain untuk fondasi dalam.

6 PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dalam studi ini, dpat diambil beberapa kesimpulan yang diantaranya:

1. Telah dibuat peta bahaya gempa untuk perioda ulang 1000 dan 2500 tahun dengan metode PSHA.
2. Hasil nilai percepatan memiliki keserupaan dengan SNI 1726:2012. Perbedaan nilai maksimum di lokasi

- studi kasus sebesar 9%, yaitu pada periode spektra 1,0 detik.
3. Besar percepatan PGA, SA 0,2 detik, dan 1,0 detik di lokasi studi kasus untuk periode ulang 1000 tahun masing-masing adalah 0,250g, 0,487g, 0,169g. Sementara untuk periode ulang 2500, PGA, SA 0,2 detik, dan 1,0 detik adalah 0,330g, 0,644g, dan 0,231g.
 4. Zona seismik berdasarkan ISO 19901-2:2004 pada pantai utara Jawa dalam lingkup studi ini mayoritas masuk dalam kategori 2 ($S_{a,map}(1,0) = 0,11 - 0,25g$) dengan sebagian kecil pada jarak yang cukup jauh masuk dalam kategori 1 ($S_{a,map}(1,0) = 0,03 - 0,1g$).
 5. Periode ulang kejadian gempa pada jenis struktur L3 di lokasi studi adalah 475 tahun untuk ALE dan 125 tahun untuk ELE.
 6. Untuk kedua kejadian gempa ALE dan ELE pada jenis struktur L3 di lokasi studi, nilai percepatan untuk fondasi dangkal akan lebih besar bila digunakan metode *simplified* ISO 19901-2:2004. Sementara untuk fondasi dalam, akan lebih konservatif jika digunakan metode *site specific* (*detailed*).
 7. Percepatan gempa pada jenis struktur L3 di lokasi studi berdasarkan metode *simplified* ISO 19901-2:2004 untuk kejadian ALE dengan fondasi dangkal, memiliki nilai yang cukup konservatif yaitu sebesar 0,189g, diatas percepatan yang diberikan API RP 2A-WSD (2007) walau masih dibawah SNI 1726:2019 (0,242g). Sementara untuk kejadian sisanya, nilai percepatan dari metode ISO 19901-2:2004 lebih rendah daripada API RP 2A-WSD (2007) maupun SNI 1726:2019.

6.2 Saran

Beberapa saran yang bisa diberikan untuk pengembangan penelitian ini diantaranya:

1. Pengujian untuk jenis struktur dengan tingkat paparan (*exposure level*) yang berbeda.
2. Menguji pengaruh sumber gempa dekat yang membutuhkan metode DSHA terhadap percepatan gempa yang dihasilkan masing-masing standar, pada lokasi struktur anjungan lepas pantai yang dekat dengan patahan.

7 DAFTAR PUSTAKA

- Asrurifak, M., Irsyam, M., Budiono, B., Triyoso, W., & Hendriyawan. (2010). Development of Spectral Hazard Map for Indonesia with a Return Period of 2500 Years using Probabilistic Method. *Civil Engineering Dimension*, 12(1), 52-62.
- Cornell, C. (1968). Engineering Seismic Risk Analysis. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 58, 1583-1606.
- Harmsen, S. (2008). USGS Software for Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA). *Draft Document, received by hand (unpublished)*.
- Hashash, Y., Musgrove, M., Harmon, J., Ilhan, O., Xing, G., Groholski, D., . . . Park, D. (2020). *DEEPSOIL 7.0, User Manual*. Urbana, Illinois: Board of Trustees of University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Indonesia, S. N. (2019). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung (1726:2019)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

International Organization for Standardization (ISO). (2004). *Petroleum and natural gas industries - Specific requirements for offshore structures - Part 2: Seismic design procedures and criteria (ISO 19901-2:2004)*.

Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN). (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Kabupaten Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan

Perumahan dan Permukiman - Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Tim Revisi Peta Gempa Indonesia. (2010). *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010*. Bandung.