

# **Analisis Nilai *Peak Ground Acceleration* Menggunakan Metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* Wilayah Solok Selatan, Sumatera Barat**

Alvirda Synthia <sup>\*a</sup>, Tedi Yudistira <sup>\*b</sup>, Maria Rosalita P.Sudibyo <sup>\*a</sup>, Bambang Sunardi <sup>\*c</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Teknik Geofisika, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera

<sup>b</sup> Program Studi Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung

<sup>c</sup> Puslitbang, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Jl. Angkasa I No.2 Kemayoran Jakarta Pusat, DKI Jakarta 1072

\* Email : [alvirdasynthia97@gmail.com](mailto:alvirdasynthia97@gmail.com)

**Abstract** : South Solok Regency is located in the province of West Sumatra. Recent research states that Solok and South Solok regions have low *b*-value values with a value range of 0.8-1.0 and also a low *a*-value of 5.0-6.0. On 28 February 2019 the South Solok region suffered a 5.3 Mw earthquake with a depth of 10 km. One of the things that can be done to minimize the impact of the earthquake disaster is by creating a hazard map that is reflected on the soil acceleration map. The method used to analyze the hazard is Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA). The stages of research include literary study, identification and modeling of earthquake sources, earthquake source characterization, determination of attenuation function, logic tree, and seismic hazard analysis. The earthquake catalog data used came from the United States Geological Survey (USGS) earthquake catalogue with a range of 1900-2019 with a depth of  $\leq 300$  km, magnitude  $\geq 5$  Mw and the mainshock of South Solok on 28 February 2019. The Software used in this analysis is R-Crisis. The results showed PGA in the bedrock in the case of the 28 February 2019 earthquake ranging from 0.05 to 0.6 g. The Spectra acceleration in the period 0.2 s and 1 s were 0.15-1.2 g and 0-0.4 g, respectively. For the surface, PGA values have a range of 0-0.6 g. The acceleration spectra in the period of 0.2 s and 1 s were 0.2-1.2 g and 0-0.5 g, respectively. PSHA results for the South Solok region for a probability of 2% in 50 years indicate the PGA value in bedrock ranges from 0.3 to 0.9 g. The acceleration spectra in the 0.2 s period ranged from 0.8 to 1.5 g and the period 1 s ranged from 0.2 to 0.8 g. PGA values on the surface range from 0.2 to 0.8 g. The acceleration spectra in the period  $T = 0.2$  s and 1 s range from 0.8-1.5 g and 0.2-0.8 g.

**Keyword** : Solok Selatan, *b*-value, *a*-value, seismic hazard, PSHA

**Abstrak** : Kabupaten Solok Selatan merupakan salah satu daerah yang terletak di provinsi Sumatra Barat. Penelitian terkini menyebutkan bahwa wilayah Solok dan Solok Selatan memiliki nilai *b*-value yang rendah berkisar 0,8-1 dan juga *a*-value yang rendah yaitu 5-6. Tanggal 28 Februari 2019, wilayah Solok Selatan mengalami gempa bumi berkekuatan 5,3 Mw dengan kedalaman 10 km. Salah satu yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak bencana gempa bumi yaitu dengan membuat peta *hazard* yang tercermin pada peta percepatan tanah. Metode yang digunakan untuk menganalisis bahaya kegempaan yaitu *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA). Data katalog gempa yang digunakan berasal dari United States Geological Survey (USGS) dengan rentang tahun 1900-2019 dengan kedalaman  $\leq 300$  km, magnitudo  $\geq 5$  Mw dan kejadian gempa bumi Solok Selatan pada 28 Februari 2019. Software yang digunakan untuk analisis adalah R-Crisis. Hasil penelitian menunjukkan nilai PGA di batuan dasar pada kasus gempa bumi 28 Februari 2019 berkisar 0,05-0,6 g. Spektra percepatan pada periode 0,2 s dan 1 s berturut turut adalah 0,15-1,2 g dan 0-0,4 g. Di permukaan, nilai PGA memiliki rentang 0-0,6 g. Spektra percepatan pada periode 0,2 s dan 1 s berturut-turut 0,2-1,2 g dan 0-0,5 g. Hasil PSHA untuk wilayah Solok Selatan untuk probabilitas 2% dalam 50 tahun menunjukkan nilai PGA di batuan dasar berkisar 0,3-0,9 g. Spektra percepatan pada periode 0,2 s berkisar 0,8-1,5 g dan periode 1 s berkisar 0,2-0,8 g. Nilai PGA di permukaan berkisar 0,2-0,8 g. Spektra percepatan pada periode  $T=0,2$  s dan 1 s berkisar 0,8-1,5 g dan 0,2-0,8 g.

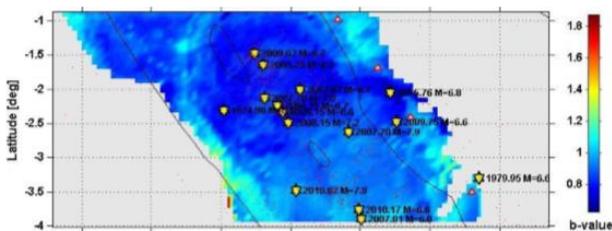
**Kata Kunci** : Solok Selatan, *b*-value, *a*-value, bahaya gempa bumi, PSHA.

## Introduction / Pendahuluan

Indonesia terletak pada pertemuan lempeng besar dunia yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik dan lempeng kecil atau *microblock* yaitu Lempeng Philipina [1]. Hal tersebut menjadikan Indonesia sebagai wilayah yang berpotensi rawan terjadi gempa bumi.

Sumatera Barat terletak pada pertemuan dua lempeng yaitu Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia. Tidak hanya terletak diantara dua lempeng, namun wilayah Sumatera Barat membentang 7 (tujuh) segmen sesar aktif yaitu Segmen Sesar Angkola, Segmen Sesar Barumon, Segmen Sesar Sumpur, Segmen Sesar Sianok, Segmen Sesar Sumani, Segmen Sesar Suliti dan Segmen Sesar Siulak yang berpotensi menghasilkan gempa bumi besar.

Kabupaten Solok Selatan merupakan salah satu Kabupaten yang terletak di bagian timur Provinsi Sumatera Barat. Kabupaten ini merupakan pemekaran dari Kabupaten Solok pada tahun 2004. Kabupaten Solok Selatan berdekatan dengan Segmen Sesar Suliti. Bagian selatan Segmen Sesar Suliti yang lokasinya berdekatan dengan Segmen Sesar Siulak mengakibatkan gempa bumi besar yang terjadi pada tahun 1909 yang berkekuatan 7,6 Mw dan tahun 1995 dengan kekuatan 7,0 Mw. Pada tahun 2016, dilakukan penelitian oleh Raharjo dkk mengenai variasi seismotektonik wilayah Sumatera Barat. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa wilayah Solok dan Solok Selatan memiliki nilai *b*-value yang rendah dengan rentang nilai 0,8-1,0 dan juga memiliki nilai *a*-value yang rendah yaitu 5,0-6,0 [2].



Gambar 1 Variasi Seismotektonik Wilayah Solok Selatan (Raharjo dkk, 2016)

Pada tahun 2019 gempa bumi terjadi di Solok Selatan berkekuatan 5,3 Mw dengan titik episentrum gempa 1,4 LS dan 101,53 BT atau berlokasi di darat pada jarak

36 km arah timur laut kota Padang Aro, Kabupaten Solok Selatan. Gempa ini merupakan gempa tektonik kerak dangkal (*Shallow Crustal*) yang dipicu oleh aktivitas sesar aktif yang belum diketahui namanya. Gempa yang disebabkan oleh percabangan sesar besar Sumatra dimana lokasi episentrumnya terletak sejauh 49 km di sebelah timur jalur sesar besar Sumatra tepatnya di segmen sesar Suliti tersebut menimbulkan korban jiwa dan kerusakan bangunan cukup parah. Gempa ini menginspirasi penulis untuk membuat studi kasus PSHA sederhana untuk mengestimasi probabilitas kejadian gempa terlampaui 2% dalam 50 tahun pada koordinat lokasi yang sama, dengan memperhitungkan probabilitas dari distribusi magnitudo yang mungkin terjadi, dan kondisi geologi lokal pada daerah tersebut. Selanjutnya penulis juga membuat peta probabilitas percepatan tanah dengan memperhitungkan semua sumber gempa pada daerah Solok Selatan.

## Method / Metode

Metode yang digunakan dalam analisis bahaya kegempaan wilayah Solok Selatan yaitu metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA). Metode ini dalam perhitungannya mempertimbangkan tingkat guncangan tanah di suatu lokasi secara probabilistik dimana faktor ketidakpastian diperhitungkan. Faktor ketidakpastian berupa ukuran, lokasi dan frekuensi kejadian gempa bumi dapat diidentifikasi, dihitung dan digabungkan dengan metode pendekatan yang rasional untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang kejadian gempa serta mampu mengintegrasikan bahaya gempa pada suatu site terhadap berbagai macam sumber gempa.

### 1. Relasi Guttenberg-Richter

Relasi Guttenberg-Richter merupakan penggambaran jumlah gempabumi yang terjadi disuatu wilayah tertentu sebagai fungsi dari magnitudo. Hubungan antara magnitudo dengan frekuensi yaitu untuk menentukan nilai parameter seismik dan tektonik suatu wilayah. Persamaan Relasi Guttenberg-Richter adalah sebagai berikut :

$$\log \lambda m = a - b.M \quad (1)$$

$\lambda m$  merupakan *rate earthquake*/rasio antara banyaknya magnitudo tertentu dengan periode tahun pengamatan.  $a$  merupakan konstanta dari aktifitas kegempaan pada wilayah tertentu.  $b$  merupakan kerentanan batuan/ gradien dari

persamaan linier hubungan frekuensi dan magnitudo. Nilai  $b$  umumnya mendekati 1.

## 2. Probabilitas Magnitudo

Dari persamaan Gutenberg-Richter (lihat **persamaan 1**) dapat digunakan untuk menghitung fungsi distribusi kumulatif (CDF). *Cummulatif Distribution Function* (CDF) merupakan fungsi yang digunakan untuk menjumlahkan nilai kemungkinan sampai suatu kejadian tertentu.  $FM(m) = P(M \leq m | m > m_{min})$

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{rate of earthquake with } m_{min} < M \leq m}{\text{rate of earthquake with } m_{min} < M} \\ &= \frac{\lambda m_{min} - \lambda m}{\lambda m_{min}} \\ &= \frac{10^{a-bm_{min}} - 10^{a-bm}}{10^{a-bm_{min}}} \\ &= 1 - 10^{-b(m-m_{min})}, m > m_{min} \quad (2) \end{aligned}$$

Untuk menghitung probabilitas dari setiap kejadian gempa bumi menggunakan perumusan dari PDF. *Probability Density Function* (PDF) merupakan fungsi dari turunan CDF.

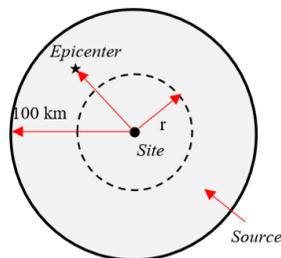
$$fM(m) = \frac{d}{dm} FM(m)$$

$$\begin{aligned} fM(m) &= \frac{d}{dm} 1 - 10^{-b(m-m_{min})} \\ &= b \ln(10) 10^{-b(m-m_{min})} \quad (3) \end{aligned}$$

## 3. Probabilitas Jarak

Menurut Baker (2008) identifikasi jarak dibagi menjadi dua yaitu sebagai berikut :

- Sumber Gempa Bumi Berupa Area



**Gambar 2** Sumber Gempa Bumi Berupa Area (Baker, 2008)

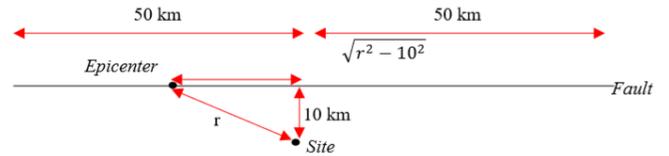
$$\begin{aligned} F_R(r) &= P(R \leq r) \\ &= \frac{\text{luas lingkaran dengan jarak } (r)}{\text{luas lingkaran dengan jarak } 100} \end{aligned}$$

$$= \frac{\pi r^2}{\pi(100)^2} = \frac{r^2}{10.000} \quad (4)$$

**Persamaan 4** digunakan jika rentang nilai  $r$  antara 0 dan 100 km. untuk menghitung rentang nilai lainnya digunakan persamaan berikut:

$$f_R(r) = \frac{d}{dr} F_R(r) = \begin{cases} \frac{r}{5000}, & 0 \leq r \leq 100 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (5)$$

- Sumber Gempa Bumi Berupa Garis



**Gambar 3** Sumber Gempa Bumi Berupa Garis (Baker, 2008)

$$\begin{aligned} F_R(r) &= P(R \leq r) \\ &= \frac{\text{panjang patahan dengan jarak } (r)}{\text{panjang total patahan}} \\ &= \frac{2\sqrt{r^2-10^2}}{100} \quad (6) \end{aligned}$$

**Persamaan 6** digunakan jika rentang nilai  $r$  antara 10 dan 50 km. untuk menghitung rentang nilai lainnya digunakan persamaan berikut:

$$f_R(r) = \frac{d}{dr} F_R(r) = \begin{cases} \frac{r}{50\sqrt{r^2-100}}, & 10 \leq r \leq 50 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (7)$$

## 4. Fungsi Atenuasi

Atenuasi percepatan tanah (*Ground Motion Attenuation*) adalah proses atau rumusan percepatan tanah akibat gempa bumi ataupun intensitas gempa bumi akan mengecil pada jarak yang semakin jauh dari sumber gempa bumi (Pawirodikromo, 2012). Fungsi atenuasi bergantung kepada model sumber gempa bumi yang digunakan.

Cornel [4] mengusulkan model prediktif untuk memperhitungkan percepatan tanah puncak dengan fungsi logaritmik, yaitu sebagai berikut :

$$\overline{\ln PGA} = -0.152 + 0.859M - 1.803 \ln(R + 25) \quad (8)$$

$$P(PGA > x | m, r) = 1 - \phi(\ln x - \overline{\ln PGA} / \sigma \ln PGA) \quad (9)$$

## 5. Teori Probabilitas Total

Teori PSHA mengasumsikan bahwa magnitudo gempabumi  $M$  (magnitudo) dan  $R$  (jarak) adalah variabel acak kontinu dan independen (Susilo, 2013). Teori probabilitas dapat dinyatakan dalam persamaan dibawah ini :

Untuk menghitung probabilitas 1 sumber gempa bumi :

$$\lambda(IM > x) = \lambda(M_i > m_{min}) \int_{m_{min}}^{m_{max}} \int_0^{r_{max}} P(IM > x|m, r) fM_i(m) fR_i(r) dr dm \quad (10)$$

Untuk menghitung probabilitas seluruh sumber gempa bumi :

$$\lambda(IM > x) = \sum_{i=1}^{n_{source}} \lambda(M_i > m_{min}) \int_{m_{min}}^{m_{max}} \int_0^{r_{max}} P(IM > x|m, r) fM_i(m) fR_i(r) dr dm \quad (11)$$

Keterangan :

$fM$  = fungsi distribusi dari magnitudo

$fR$  = fungsi distribusi dari jarak hiposenter

$P(IM > x|m, r)$  = probabilitas sebuah gempa dengan magnitudo  $m$  pada jarak  $r$  yang memberikan percepatan maksimum  $IM$  di lokasi yang lebih tinggi dari  $x$ .

$\lambda(IM > x)$  = annual rate of exceedance

Pada penelitian Tugas Akhir ini terdapat dua percobaan, yaitu studi kasus gempa bumi dengan model *point source* pada koordinat 101,530E dan 1,40 S dengan pendekatan konsep *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) dan memperhitungkan peluang terjadinya kejadian gempa bumi 2% dalam 50 tahun pada wilayah Solok Selatan dengan distribusi magnitudo yang mungkin terjadi pada koordinat tersebut dengan menggunakan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA). Selanjutnya, membuat peta percepatan tanah maksimum dan spektra percepatan dengan memperhitungkan semua sumber gempa bumi pada wilayah Solok Selatan probabilitas 2% dalam 50 tahun.

Adapun tahapan penelitian sebagai berikut :

A. *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* untuk kasus sederhana (*Point Source*) pada lokasi terjadinya gempa Solok Selatan 28 Februari 2019.

a. Pengumpulan Data Gempa Bumi

Data yang digunakan untuk pemodelan *point source* yaitu gempa utama dari kejadian gempa bumi 28 Februari 2019 wilayah Solok Selatan. Selain data katalog, data kecepatan

gelombang geser dengan kedalaman 30 meter ( $Vs30$ ) juga dibutuhkan. Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah  $Vs30$  USGS.

b. *Proses PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Analysis)*

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, analisis seismik hazard dilakukan dengan bantuan *software R-Crisis*. Pemodelan sumber gempa bumi yang digunakan pada studi kasus gempa bumi Solok Selatan yaitu Pemodelan *Point Source* dengan pendekatan konsep PSHA. Pemodelan ini menggunakan satu kejadian gempa bumi yaitu gempa utama kejadian gempa bumi Solok Selatan pada 28 Februari 2019. Namun, dalam perhitungannya menggunakan teori probabilitas total PSHA. Selanjutnya, karakterisasi sumber gempa bumi dengan menginputkan parameter minimum magnitudo, maksimum magnitudo, dan periode ulang gempa pada *software R-crisis*. Kemudian, fungsi atenuasi yang dipakai berasal dari literatur pusgen 2017 dengan sumber gempa bumi *shallow crustal*. Setelah pemilihan fungsi atenuasi berdasarkan sumber gempa buminya, kemudian dilakukan pembobotan untuk setiap fungsi atenuasi tersebut. Pembobotan menggambarkan tingkat kepercayaan terhadap parameter yang didapatkan. Untuk mendapatkan hasil PGA di permukaan dibutuhkan inputan data berupa kecepatan gelombang geser lapisan tanah kedalaman hingga 30 meter ( $Vs30$ ). Data  $Vs30$  yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini, yaitu  $Vs30$  USGS. Hasil akhir dari analisis *hazard* studi kasus gempa bumi Solok Selatan adalah peta percepatan tanah maksimum dan spektra percepatan di batuan dasar dan di permukaan untuk resiko terlampaui 2% dalam 50 tahun pada koordinat lokasi yang sama, dengan memperhitungkan probabilitas dari distribusi magnitudo yang mungkin terjadi, dan kondisi geologi lokal pada daerah tersebut.

B. *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* untuk wilayah Solok Selatan.

a. Pengumpulan Data Gempa Bumi

Data gempa yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini yaitu Katalog Gempa Bumi USGS dengan rentang dari tahun 1900-2019, kedalaman  $\leq 300$  km, magnitudo  $\geq 5$  Mw dan radius 500 km. Selain data katalog, data

kecepatan gelombang geser dengan kedalaman 30 meter ( $V_{s30}$ ) juga dibutuhkan. Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah  $V_{s30}$  USGS.

b. Pengolahan Data

Data gempa yang dikumpulkan dari katalog gempa bumi USGS memiliki jenis magnitudo yang berbeda-beda, diantaranya magnitudo surface ( $m_s$ ), magnitudo lokal ( $M_L$ ), magnitudo body ( $m_b$ ) dan *moment magnitudo* ( $M_w$ ). Jenis magnitudo tersebut harus dikonversi terlebih dahulu menjadi satu skala magnitudo yang sama yaitu *moment magnitudo* ( $M_w$ ). Penyeragaman magnitudo menggunakan persamaan yang diusulkan oleh Scordilis.

Tabel 1 Korelasi Konversi Magnitudo untuk Wilayah Indonesia [5].

Korelasi Konversi	Range Data
$M_w = 1,0107 * M_b + 0,0801$	$3,7 \leq M_b \leq 8,2$
$M_w = 0,6016 * M_s + 2,476$	$2,8 \leq M_s \leq 6,1$
$M_w = 0,9239 * M_s + 0,5671$	$6,2 \leq M_s \leq 8,7$

Kemudian dilakukan proses *declustering* data gempa. *Declustering* adalah pemisahan gempa bumi utama dengan gempa bumi susulan dan gempa bumi rintisan. Setelah itu dilakukan proses analisis kelengkapan magnitudo dilakukan untuk mengetahui kelengkapan data yang diperlukan dalam proses analisis probabilistik.

c. Proses PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*)

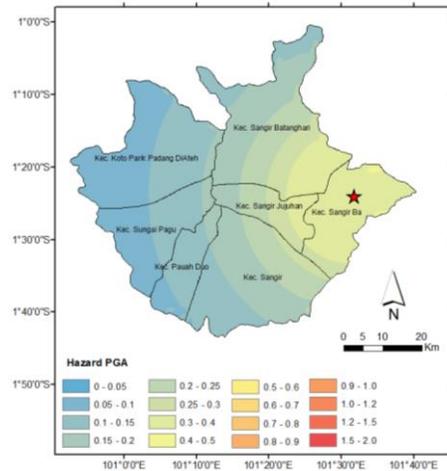
Dalam penelitian Tugas Akhir ini, analisis seismik *hazard* dilakukan dengan bantuan *software R-Crisis*. Pemodelan sumber gempa bumi yang digunakan yaitu sumber gempa bumi subduksi, sumber gempa bumi sesar, dan sumber gempa bumi *background*. Pada analisis seismik hazard wilayah Solok Selatan mempertimbangkan seluruh sumber gempa bumi yang berpotensi terjadi gempa bumi merusak. Selanjutnya, karakterisasi sumber gempa bumi dengan menginputkan parameter-parameter yang dibutuhkan pada *software R-crisis*. Kemudian, fungsi atenuasi

yang dipakai berasal dari literatur pusgen 2017 dimana, masing-masing sumber gempa bumi memiliki fungsi atenuasi yang berbeda-beda. Setelah pemilihan fungsi atenuasi berdasarkan sumber gempa buminya, Kemudian dilakukan pembobotan untuk setiap fungsi atenuasi tersebut. Pembobotan menggambarkan tingkat kepercayaan terhadap parameter yang didapatkan. Untuk mendapatkan hasil PGA di permukaan dibutuhkan inputan data berupa kecepatan gelombang geser lapisan tanah kedalaman hingga 30 meter ( $V_{s30}$ ). Data  $V_{s30}$  yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini, yaitu  $V_{s30}$  USGS. Hasil akhir dari analisis *hazard* wilayah Solok Selatan adalah peta percepatan tanah maksimum dan spektra percepatan di batuan dasar dan di permukaan untuk resiko terlampaui 2% dalam 50 tahun pada wilayah Solok Selatan.

Results And Discussion

A. Peta Percepatan Tanah Maksimum dan Spektra Percepatan Periode 0,2 detik dan 1 detik untuk Studi Kasus Gempa Solok Selatan 28 Februari 2019 di Batuan Dasar.

- Peta Percepatan Tanah Maksimum (PGA) di Batuan Dasar Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan.

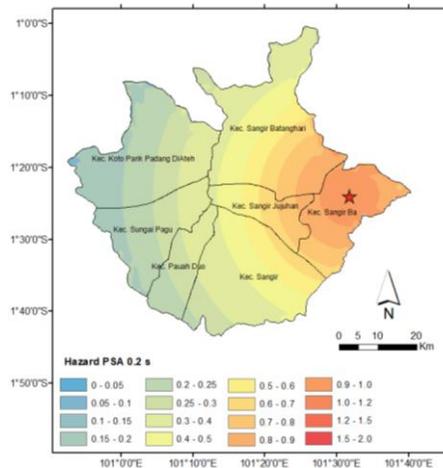


Gambar 4 Peta Percepatan Tanah Maksimum di Batuan Dasar Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan

Nilai PGA yang relatif rendah digambarkan dengan legenda berwarna biru berkisar 0,05 hingga 0,2 g dan nilai PGA yang relatif lebih tinggi digambarkan dengan warna biru kekuningan hingga kuning berkisar 0,2 hingga 0,6 g. Hasil

pemetaan atau pengolahan nilai PGA akibat gempa bumi Solok Selatan pada 28 Februari 2019 menunjukkan bahwa nilai PGA tinggi terdapat pada wilayah di sekitar pusat episenter gempa bumi Solok Selatan. Wilayah yang memiliki nilai relatif lebih tinggi berada pada wilayah sisi utara kecamatan Sangir Ba dan sisi timur kecamatan Sangir Batanghari berkisar 0,4 hingga 0,6 g atau setara dengan skala VIII MMI jika mengacu pada tabel konversi percepatan tanah ke dalam skala intensitas MMI. Nilai PGA terendah berada pada wilayah sisi barat kecamatan Sangir Batanghari, sisi barat kecamatan Sangir Jujuhan, sisi barat kecamatan Sangir Ba, kecamatan Sangir, kecamatan Pauah Duo, kecamatan Sungai Pagu, dan kecamatan Koto Parik Padang DiAteh berkisar 0 hingga 0,1 g atau setara dengan skala VI MMI.

- Peta Spektra Percepatan pada periode 0,2 detik di Batuan Dasar Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan.

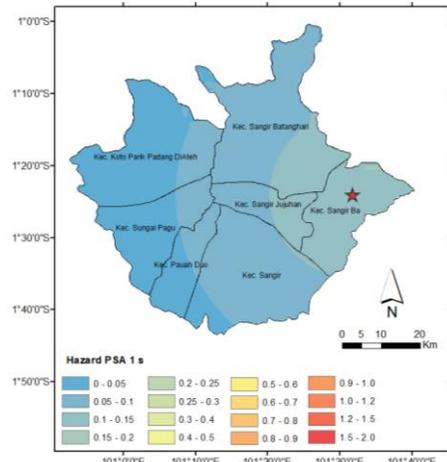


**Gambar 5** Peta Spektra Percepatan T=0,2 detik di Batuan Dasar Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan

peta spektra percepatan T=0,2 detik di batuan dasar studi kasus gempa bumi Solok Selatan. Nilai spektra percepatan pada periode pendek (T=0,2 detik) yang relatif rendah digambarkan dengan legenda berwarna biru kekuningan hingga kuning berkisar 0,15 hingga 0,7 g dan nilai spektra percepatan yang relatif tinggi digambarkan dengan warna orange

berkisar 0,7 hingga 1,2 g. Nilai spektra percepatan yang relatif tinggi berada pada wilayah sisi utara kecamatan Sangir Ba dan sisi timur kecamatan Sangir Batanghari berkisar 0,9 hingga 1,2 g. Hal ini disebabkan kedua area tersebut berada paling dekat dengan pusat episenter gempa bumi Solok Selatan sehingga pengaruh terhadap struktur bangunan semakin besar. Nilai spektra percepatan terendah berada pada wilayah sisi barat kecamatan Sangir, kecamatan Pauah Duo, kecamatan Sungai Pagu, dan kecamatan Koto Parik Padang DiAteh berkisar 0,25 hingga 0,6 g.

- Peta Spektra Percepatan pada periode 1 detik di Batuan Dasar Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan.



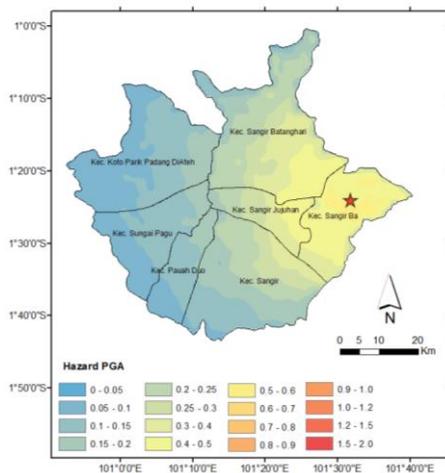
**Gambar 6** Peta Spektra Percepatan T=1 detik di Batuan Dasar Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan

peta spektra percepatan T=1 detik di batuan dasar studi kasus gempa bumi Solok Selatan. Nilai spektra percepatan pada periode 1 detik yang relatif rendah digambarkan dengan legenda berwarna biru berkisar 0 hingga 0,2 g dan nilai spektra percepatan yang relatif tinggi digambarkan dengan warna biru kekuningan berkisar 0,2 hingga 0,4 g. Nilai spektra percepatan yang relatif tinggi berada pada wilayah sisi utara kecamatan Sangir Ba dan sisi timur kecamatan Sangir Batanghari berkisar 0,25-0,3 g. Hal ini disebabkan kedua area tersebut berada paling dekat dengan pusat episenter gempa bumi Solok

Selatan sehingga pengaruh terhadap struktur bangunan semakin besar. Nilai spektra percepatan terendah berada pada wilayah sisi barat kecamatan Sangir Ba, sisi barat kecamatan Batanghari, kecamatan Sangir Jujuhan, kecamatan Sangir, kecamatan Pauah Duo, kecamatan Sungai Pagu, dan kecamatan Koto Parik Padang DiAteh berkisar 0 hingga 0,15 g.

B. Peta Percepatan Tanah Maksimum dan Spektra Percepatan Periode 0,2 detik dan 1 detik untuk Studi Kasus Gempa Solok Selatan 28 Februari 2019 di Permukaan.

- Peta Percepatan Tanah Maksimum (PGA) di Permukaan Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan.

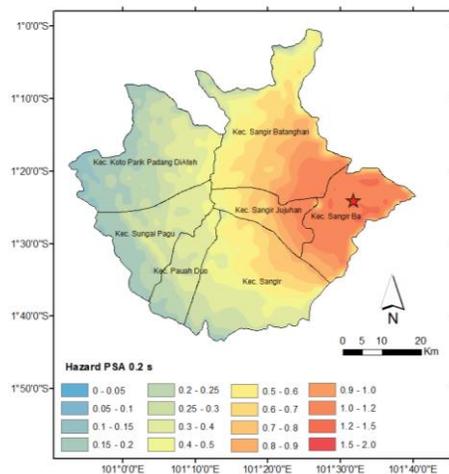


Gambar 7 Peta Percepatan Tanah Maksimum di Permukaan Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan

Nilai PGA di permukaan studi kasus gempa bumi 28 Februari 2019 Solok Selatan. Nilai PGA di permukaan dipengaruhi oleh nilai  $V_{s30}$  wilayah Solok Selatan. Nilai PGA yang relatif rendah digambarkan dengan legenda berwarna biru berkisar 0 hingga 0,2 g dan nilai PGA yang relatif lebih tinggi digambarkan dengan warna biru kekuningan hingga kuning berkisar 0,2 hingga 0,6 g. Hasil pemetaan atau pengolahan nilai PGA akibat gempa bumi Solok Selatan pada 28 Februari 2019 menunjukkan bahwa nilai PGA tinggi terdapat pada wilayah di sekitar pusat episenter gempa bumi Solok Selatan. Wilayah yang memiliki nilai relatif lebih tinggi berada pada wilayah kecamatan Sangir Ba, sisi timur kecamatan

Sangir Batanghari, dan sisi timur kecamatan Sangir Jujuhan berkisar 0,4 hingga 0,6 g atau setara dengan skala VIII MMI. Nilai PGA terendah berada pada wilayah sisi barat kecamatan Sangir Batanghari, sisi barat kecamatan Sangir Jujuhan, sisi barat kecamatan Sangir, kecamatan Pauah Duo, kecamatan Sungai Pagu, dan kecamatan Koto Parik Padang DiAteh berkisar 0 hingga 0,15 g atau setara dengan skala VI MMI

- Peta Spektra Percepatan pada periode 0,2 detik di Permukaan Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan.

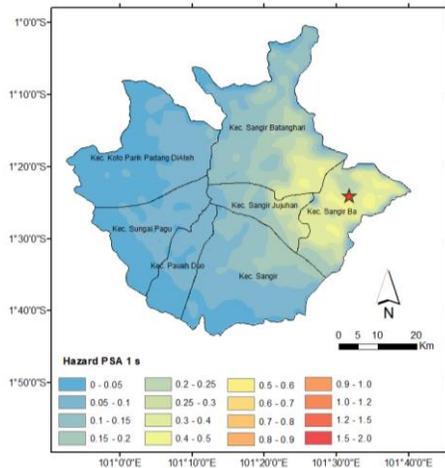


Gambar 8 Peta Spektra Percepatan T=0.2 detik di Permukaan Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan

peta spektra percepatan T=0,2 detik di permukaan kasus gempa bumi Solok Selatan. Nilai spektra percepatan pada periode pendek (T=0,2 detik) yang relatif rendah digambarkan dengan legenda berwarna biru kekuningan hingga kuning berkisar 0,2 hingga 0,6 g dan nilai spektra percepatan yang relatif tinggi digambarkan dengan warna orange berkisar 0,6 hingga 1,2 g. Nilai spektra percepatan yang relatif tinggi berada pada wilayah kecamatan Sangir Ba, sisi timur kecamatan Sangir Batanghari, dan sisi timur Sangir Jujuhan berkisar 0,9 hingga 1,2 g. Hal ini disebabkan kedua area tersebut berada paling dekat dengan pusat episenter gempa bumi Solok Selatan sehingga pengaruh terhadap struktur bangunan semakin besar. Nilai spektra percepatan terendah berada pada wilayah sisi barat

kecamatan Sangir, sisi barat kecamatan Sangir Jujuhan, sisi barat kecamatan Sangir Batanghari, kecamatan Pauah Duo, kecamatan Sungai Pagu, dan kecamatan Koto Parik Padang DiAteh berkisar 0,2 hingga 0,5 g.

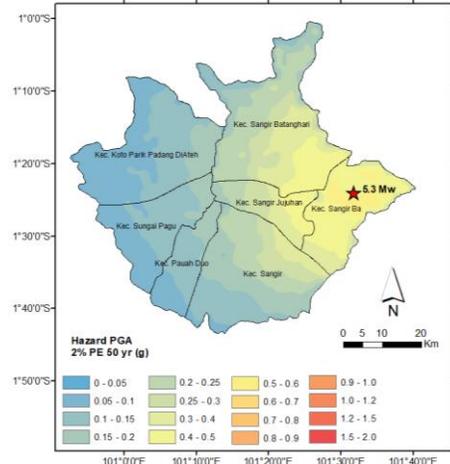
- Peta Spektra Percepatan pada periode 1 detik di Permukaan Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan.



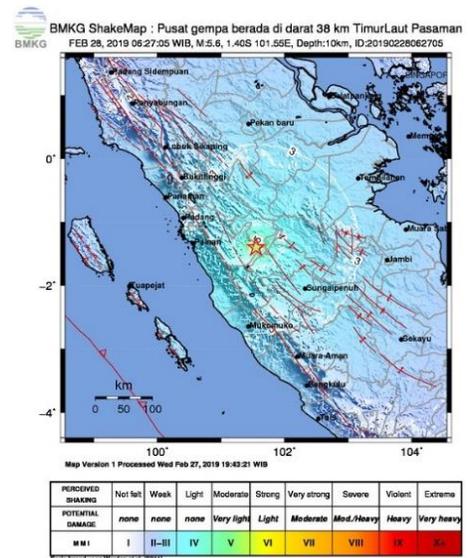
Gambar 9 Peta Spektra Percepatan T=1 detik di Permukaan Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan

peta spektra percepatan T=1 detik di permukaan kasus gempa bumi Solok Selatan. Nilai spektra percepatan pada periode 1 detik yang relatif rendah digambarkan dengan legenda berwarna biru berkisar 0 hingga 0,2 g dan nilai spektra percepatan yang relatif tinggi digambarkan dengan warna kuning berkisar 0,2 hingga 0,5 g. Nilai spektra percepatan yang relatif tinggi berada pada wilayah kecamatan Sangir Ba, sisi timur kecamatan Sangir Batanghari, dan sisi timur Sangir Jujuhan berkisar 0,4 hingga 0,5 g. Hal ini disebabkan kedua area tersebut berada paling dekat dengan pusat episenter gempa bumi Solok Selatan sehingga pengaruh terhadap struktur bangunan semakin besar. Nilai spektra percepatan terendah berada pada wilayah kecamatan Sangir, sisi barat kecamatan Sangir Jujuhan, sisi barat kecamatan Sangir Batanghari, kecamatan Pauah Duo, kecamatan Sungai Pagu, dan kecamatan Koto Parik Padang DiAteh berkisar 0 hingga 0,15 g.

- Perbandingan Peta percepatan Tanah Maksimum di Permukaan Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan dengan Peta Shakemap BMKG Studi kasus Gempa Bumi 28 Februari 2019 Solok Selatan.



Gambar 10 Peta Percepatan Tanah Maksimum di Permukaan Studi Kasus Gempa Bumi Solok Selatan



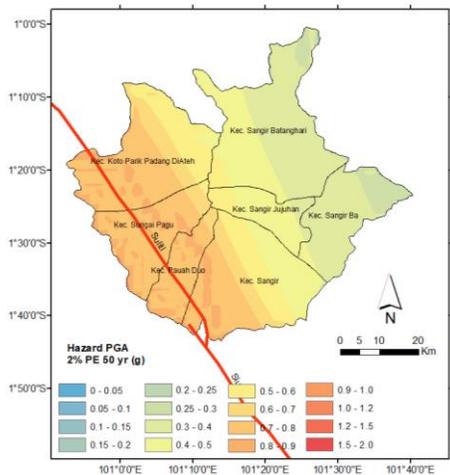
Gambar 11 Shakemap BMKG (Sumber: BMKG)

peta percepatan tanah maksimum di permukaan yang mencerminkan nilai percepatan tanah maksimum (PGA) kasus gempa bumi 28 Februari 2019 wilayah Solok Selatan. Nilai PGA relative tinggi pada daerah di sekitar pusat episenter gempa bumi. Nilai PGA tertinggi pada studi kasus gempa bumi Solok Selatan terletak di wilayah kecamatan Sangir Ba, sisi timur kecamatan Sangir Batanghari,

dan sisi timur kecamatan Sangir Jujuhan berkisar 0,4 hingga 0,6 g atau setara dengan skala VIII intensitas (MMI). Pada Gambar 5.8 menunjukkan peta shakemap BMKG yang memiliki skala V intensitas MMI. Perbedaan skala antara penelitian dengan shakemap BMKG disebabkan oleh atenuasi/GMPE, kecepatan gelombang geser kedalaman 30 meter ( $V_{s30}$ ), dan parameter input lainnya yang digunakan pada kedua peta tersebut. Perbandingan kedua peta ini bertujuan untuk validasi hasil pemodelan dengan data observasi lapangan.

C. Peta Percepatan Tanah Maksimum dan Spektra Percepatan Periode 0,2 detik dan 1 detik untuk Wilayah Solok Selatan di Batuan Dasar.

- Peta Percepatan Tanah Maksimum (PGA) di Batuan Dasar Wilayah Solok Selatan.

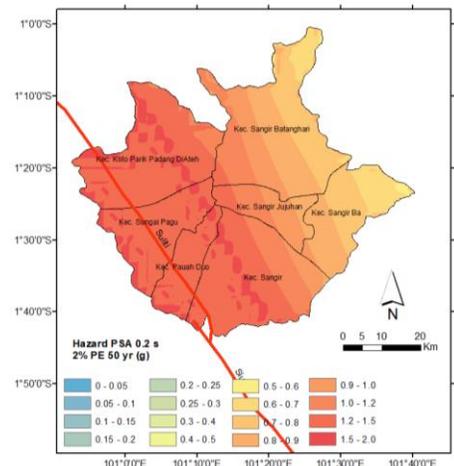


**Gambar 12** Peta Percepatan Tanah Maksimum di Batuan Dasar Wilayah Solok Selatan untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun

nilai PGA di batuan dasar wilayah Solok Selatan dengan mempertimbangkan sumber gempa bumi yang memiliki potensi terjadi gempa bumi besar pada wilayah tersebut. Nilai PGA yang relatif rendah digambarkan dengan legenda berwarna biru kekuningan hingga kuning berkisar 0,3 hingga 0,6 g dan nilai PGA yang relatif lebih tinggi digambarkan dengan warna orange berkisar 0,6 hingga 0,9 g. Hasil pemetaan atau pengolahan nilai PGA wilayah Solok Selatan

menunjukkan bahwa nilai PGA tinggi terdapat pada wilayah di sekitar sumber gempa bumi sesar atau lebih tepatnya pada segmen sesar Suliti. Wilayah yang memiliki nilai relatif lebih tinggi berada pada wilayah sisi barat kecamatan Sangir, sisi barat kecamatan Pauah Duo, sisi barat kecamatan Sungai Pagu, dan sisi barat kecamatan Koto Parik Padang DiAteh berkisar 0,6 hingga 0,9 g atau setara dengan skala IX MMI. Nilai PGA terendah berada pada wilayah sisi timur kecamatan Sangir, sisi timur kecamatan Sangir Jujuhan, kecamatan Sangir Batanghari, dan kecamatan Sangir Ba berkisar 0,3 hingga 0,6 g atau setara dengan skala VIII MMI.

- Peta Spektra Percepatan pada periode 0,2 detik di Batuan Dasar Wilayah Solok Selatan.

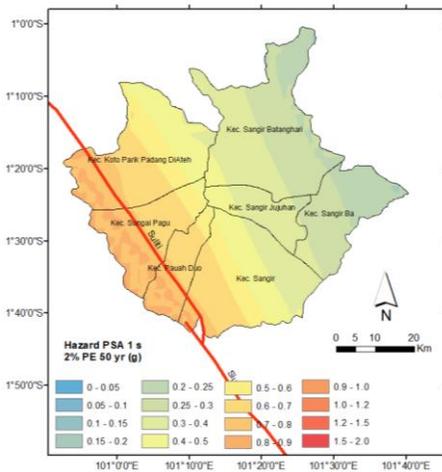


**Gambar 13** Peta Spektra Percepatan T=0,2 detik di Batuan Dasar Wilayah Solok Selatan untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun

peta spektra percepatan T=0,2 detik di batuan dasar wilayah Solok Selatan. Nilai spektra percepatan pada periode pendek (T=0,2 detik) yang relatif rendah digambarkan dengan legenda berwarna orange berkisar 0,8 hingga 1,0 g dan nilai spektra percepatan yang relatif tinggi digambarkan dengan warna orange berkisar 1,0 hingga 1,5 g. Nilai spektra percepatan yang relatif tinggi berada pada wilayah sisi barat kecamatan Sangir, kecamatan Pauah Duo, kecamatan

Sungai Pagu, dan kecamatan Koto Parik Padang DiAteh berkisar 1,0 hingga 1,5 g. Hal ini disebabkan karena area tersebut berada paling dekat dengan sumber gempa bumi Solok Selatan tepatnya segmen sesar Suliti sehingga pengaruh terhadap struktur bangunan semakin besar. Nilai spektra percepatan terendah berada pada wilayah sisi timur kecamatan Sangir, sisi timur Sangir Jujuhan, kecamatan Sangir Batanghari, dan kecamatan Sangir Ba berkisar 0,8 hingga 1,0 g.

- Peta Spektra Percepatan pada periode 1 detik di Batuan Dasar Wilayah Solok Selatan.



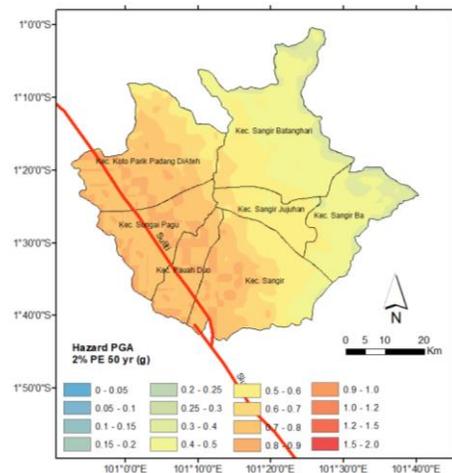
**Gambar 14** Peta Spektra Percepatan T=1 detik di Batuan Dasar Wilayah Solok Selatan untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun

peta spektra percepatan T=1 detik di batuan dasar wilayah Solok Selatan. Nilai spektra percepatan pada periode 1 detik yang relatif rendah digambarkan dengan legenda berwarna biru kekuningan hingga kuning berkisar 0,2 hingga 0,6 g dan nilai spektra percepatan yang relatif tinggi digambarkan dengan warna orange berkisar 0,6 hingga 0,8 g. Nilai spektra percepatan yang relatif tinggi berada pada wilayah sisi barat kecamatan Sangir, sisi barat kecamatan Pauah Duo, sisi barat kecamatan Sungai Pagu, dan sisi barat kecamatan Koto Parik Padang DiAteh berkisar 0,6 hingga 0,8 g. Hal ini disebabkan karena area tersebut berada

paling dekat dengan sumber gempa bumi Solok Selatan tepatnya segmen sesar Suliti sehingga pengaruh terhadap struktur bangunan semakin besar. Nilai spektra percepatan terendah berada pada wilayah sisi timur kecamatan Sangir, sisi timur kecamatan Pauah Duo, sisi timur kecamatan Sungai Pagu, dan sisi timur kecamatan Koto Parik Padang DiAteh, kecamatan Sangir, Sangir Jujuhan, kecamatan Sangir Batanghari, dan kecamatan Sangir Ba berkisar 0,2 hingga 0,6 g.

- D. Peta Percepatan Tanah Maksimum dan Spektra Percepatan Periode 0,2 detik dan 1 detik untuk Wilayah Solok Selatan di Permukaan.

- Peta Percepatan Tanah Maksimum (PGA) di Permukaan Wilayah Solok Selatan.

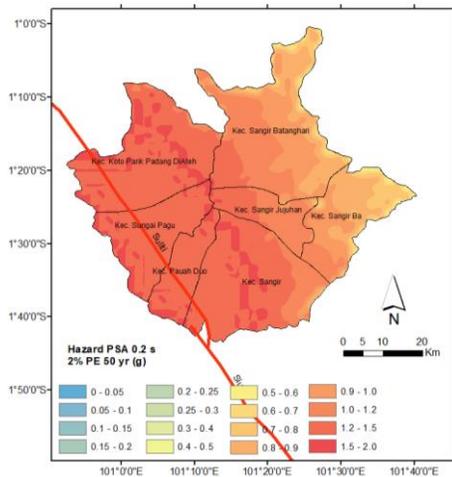


**Gambar 15** Peta Percepatan Tanah Maksimum di Permukaan Wilayah Solok Selatan untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun

nilai PGA di wilayah Solok Selatan dengan mempertimbangkan sumber gempa bumi yang memiliki potensi terjadi gempa bumi besar pada wilayah tersebut. Nilai PGA di permukaan dipengaruhi oleh nilai Vs30 wilayah Solok Selatan. Nilai PGA yang relatif rendah digambarkan dengan legenda berwarna biru kekuningan hingga kuning berkisar 0,2 hingga 0,6 g dan nilai PGA yang relatif lebih tinggi digambarkan dengan warna biru kekuningan hingga kuning berkisar 0,6 hingga 0,8 g. Hasil pemetaan atau pengolahan nilai PGA wilayah Solok

Selatan menunjukkan bahwa nilai PGA tinggi terdapat pada wilayah di sekitar sumber gempa bumi sesar atau lebih tepatnya pada segmen sesar Suliti. Wilayah yang memiliki nilai relatif lebih tinggi berada pada wilayah kecamatan Pauah Duo, kecamatan Sungai Pagu, kecamatan Koto Parik Padang DiAteh, sisi barat kecamatan Sangir berkisar 0,7 hingga 0,8 g atau setara dengan skala IX MMI. Nilai PGA terendah berada pada wilayah kecamatan Sangir Batanghari, kecamatan Sangir Jujuhan, kecamatan Sangir Ba, dan sisi timur Sangir berkisar 0,25 hingga 0,5 g atau setara dengan skala VIII MMI.

- Peta Spektra Percepatan pada periode 0,2 detik di Permukaan Wilayah Solok Selatan.

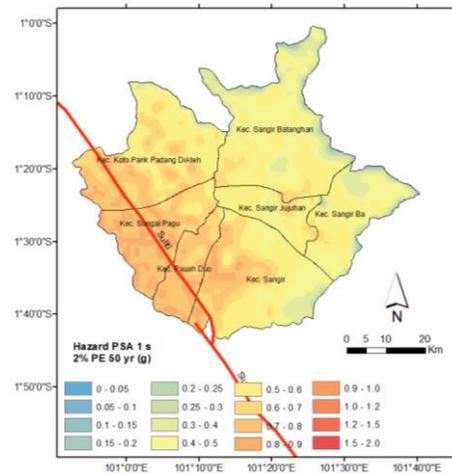


**Gambar 16** Peta Spektra Percepatan T=0.2 detik di Permukaan Wilayah Solok Selatan untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun

peta spektra percepatan T=0,2 detik di permukaan wilayah Solok Selatan. Nilai spektra percepatan pada periode pendek (T=0,2 detik) yang relatif rendah digambarkan dengan legenda berwarna orange berkisar 0,8 hingga 1,0 g dan nilai spektra percepatan yang relatif tinggi digambarkan dengan warna orange berkisar 1,0 hingga 1,5 g. Nilai spektra percepatan yang relatif tinggi berada pada wilayah sisi barat kecamatan Sangir, kecamatan Pauah Duo, kecamatan Sungai Pagu, dan kecamatan Koto Parik

Padang DiAteh berkisar 1,0 hingga 1,5 g. Hal ini disebabkan karena area tersebut berada paling dekat dengan sumber gempa bumi Solok Selatan tepatnya segmen sesar Suliti sehingga pengaruh terhadap struktur bangunan semakin besar. Nilai spektra percepatan terendah berada pada wilayah sisi timur kecamatan Sangir, sisi timur Sangir Jujuhan, kecamatan Sangir Batanghari, dan kecamatan Sangir Ba berkisar 0,8 hingga 1,0 g.

- Peta Spektra Percepatan pada periode 1 detik di Permukaan Wilayah Solok Selatan.



**Gambar 17** Peta Spektra Percepatan T=1 detik di Permukaan Wilayah Solok Selatan untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun

peta spektra percepatan T=1 detik di permukaan wilayah Solok Selatan. Nilai spektra percepatan pada periode 1 detik yang relatif rendah digambarkan dengan legenda berwarna biru kekuningan hingga kuning berkisar 0,2 hingga 0,6 g dan nilai spektra percepatan yang relatif tinggi digambarkan dengan warna orange berkisar 0,6 hingga 0,8 g. Nilai spektra percepatan yang relatif tinggi berada pada wilayah sisi barat kecamatan Sangir, sisi barat kecamatan Pauah Duo, sisi barat kecamatan Sungai Pagu, dan sisi barat kecamatan Koto Parik Padang DiAteh berkisar 0,6 hingga 0,8 g. Hal ini disebabkan karena area tersebut berada paling dekat dengan sumber gempa bumi Solok Selatan tepatnya segmen sesar

Suliti sehingga pengaruh terhadap struktur bangunan semakin besar. Nilai spektra percepatan terendah berada pada wilayah sisi timur kecamatan Sangir, sisi timur kecamatan Pauah Duo, sisi timur kecamatan Sungai Pagu, dan sisi timur kecamatan Koto Parik Padang DiAteh, kecamatan Sangir, Sangir Jujuhan, kecamatan Sangir Batanghari, dan kecamatan Sangir Ba berkisar 0,2 hingga 0,6 g.

### Conclusions / Kesimpulan

1. Nilai PGA di batuan dasar pada wilayah Solok Selatan untuk studi kasus gempabumi 28 Februari 2019 memiliki rentang 0,05 hingga 0,6 g sedangkan spektra percepatan pada periode 0,2 s memiliki rentang 0,15 hingga 1,2 g dan spektra percepatan pada periode 1 s memiliki rentang 0 hingga 0,4 g.
2. Nilai PGA di permukaan pada wilayah Solok Selatan untuk studi kasus gempabumi 28 Februari 2019 memiliki rentang 0 hingga 0,6 g sedangkan spektra percepatan pada periode 0,2 s memiliki rentang 0,2 hingga 1,2 g dan spektra percepatan pada periode 1 s memiliki rentang 0 hingga 0,5 g.
3. Nilai PGA di batuan dasar hasil PSHA di wilayah Solok Selatan untuk probabilitas 2% dalam 50 tahun memiliki rentang 0,3 hingga 0,9 g sedangkan spektra percepatan pada periode 0,2 s memiliki rentang 0,8 hingga 1,5 g dan spektra percepatan pada periode 1 s memiliki rentang 0,2 hingga 0,8 g.
4. Nilai PGA di permukaan hasil PSHA di wilayah Solok Selatan untuk probabilitas 2% dalam 50 tahun memiliki rentang 0,2 hingga 0,8 g sedangkan spektra percepatan pada periode 0,2 s memiliki rentang 0,8 hingga 1,5 g dan spektra percepatan pada periode 1 s memiliki rentang 0,2 hingga 0,8 g.

### Acknowledgements

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari adanya kerjasama

dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Kedua orangtua dan seluruh keluarga tercinta yang telah memberikan semangat serta motivasi terbaiknya agar saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr.Tedi Yudistira, S.Si, M.Si selaku pembimbing I, Ibu Maria Rosalita P.Sudibyo, S.Si, M.Sc selaku pembimbing II, dan Bapak Bambang Sunardi, S.Si, M.T selaku pembimbing III yang telah memberikan arahan, bimbingan, ilmu, wawasan, serta meluangkan waktu sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Puslitbang BMKG Kemayoran sebagai institusi yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian.
4. Bapak Tio Azhar Prakoso, Bapak Yusuf, dan seluruh staff Puslitbang BMKG pusat atas bantuan ilmu dan wawasan yang diberikan kepada penulis.
5. Seluruh dosen Teknik Geofisika Institut Teknologi Sumatera yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang diberikan kepada penulis.
6. Teman-teman Teknik Geofisika 2015 yang telah memberikan semangat, serta dorongan kepada penulis.
7. Semua pihak yang namanya tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

### References

- [1] Bird, P.2003. An updated digital model of plate boundaries. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*.
- [2] Raharjo, Furqon Dawam, Syafriani, Andiyansyah Z.S. 2016. Analisis Variasi Spasial Parameter Seismotektonik Daerah Sumatera Barat dan Sekitarnya dengan Menggunakan Metoda Likelihood. *Pillar Of Physics, Universitas Negeri Padang : Padang*.
- [3] Gutenberg, R., dan C.F. Richter. 1944. Frequency of earthquakes in California, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 34, 185-188.
- [4] Cornell, C.A.1968.Engineering seismic risk analysis, *Bulletin of the Seismological Society of America*, October 1968, v. 58, no. 5, p. 1583-1606.
- [5] Scordilis. 2006. Empirical Global Relations Converting MS dan Mb to Momen Magnitudo. *Journal of Seismology*, 10:225-236 DOI:10.1007/s10950-006-9012-4.
- [6] Irsyam, Masyhur dkk., 2010, Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempabumi Indonesia, Bandung.

- [7] [https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us100j8dg/moment-tensor?source=us&code=us\\_100j8dg\\_mww](https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us100j8dg/moment-tensor?source=us&code=us_100j8dg_mww)
- [8] <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>