



# Perbandingan Peta Percepatan Tanah di Permukaan sebagai Dasar Perencanaan Tata Ruang Berbasis Mitigasi Bencana di Provinsi Riau

\*Elvis Saputra, Fitri Nugraheni, Widodo, Lalu Makrup

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,

\*elvizsaputra95@gmail.com

Received: 23 Februari 2021 Revised: 4 Desember 2021 Accepted: 10 Desember 2021

## Abstract

*Spatial planning has an important role in disaster mitigation efforts. The availability of earthquake maps is very useful in spatial planning. The need for spatial planning today is micro spatial planning. Therefore, the 2017 national earthquake map needs to be detailed into a micro zonation map at the district or city scale. The ground acceleration presented in the national earthquake map was the acceleration at bedrock, while in spatial planning it is the necessary acceleration at the surface. Therefore, the purpose of this research was to obtain a map of the earthquake at the surface with a micro-scale. Determination of the acceleration value at the surface was carried out by two models. Model-1, the surface acceleration was obtained by multiplying the results of the PSHA analysis at bedrock by the amplification factor based on SNI-1726. While Model-2, the acceleration value at the surface was directly obtained from the results of PSHA analysis using the average surface shear wave velocity ( $V_s30$ ) based on data from the USGS. The result of this study showed that from the 2 analytical models used, Model-2 has a higher surface acceleration value than Model-1. Riau Province has 12 districts. in general, the 12 districts were included in the low to moderate risk index class, but there was one district that was close to the high index class, namely Rokan Hulu district.*

**Keywords:** *Spatial planning, mitigation, disaster index*

## Abstrak

*Perencanaan tata ruang memiliki peranan penting dalam upaya mitigasi bencana. Ketersediaan peta gempa sangat berguna dalam perencanaan tata ruang. Kebutuhan perencanaan tata ruang saat ini adalah yang skala mikro. Maka dari itu, peta gempa nasional 2017 perlu dirincikan ke dalam peta mikrozonasi pada skala kabupaten/kota. Percepatan tanah yang disajikan dalam peta gempa nasional berada di batuan dasar, sedangkan dalam perencanaan tata ruang dibutuhkan percepatan di permukaan. Oleh karena itu, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk memperoleh peta gempa di permukaan dengan skala mikro. Penentuan nilai percepatan di permukaan dilakukan dengan dua model. Model-1, percepatan permukaan diperoleh dengan mengalikan hasil analisis PSHA di batuan dasar dengan faktor amplifikasi berdasarkan SNI-1726. Sedangkan Model-2 nilai percepatan di permukaan langsung diperoleh dari hasil analisis PSHA dengan menggunakan nilai kecepatan gelombang geser rerata permukaan ( $V_s30$ ) berdasarkan data dari USGS. Hasil dari penelitian diketahui bahwa dari 2 metode analisis yang digunakan, Model-2 memiliki nilai percepatan permukaan lebih besar dibandingkan dengan Model-1. Provinsi Riau memiliki 12 kabupaten. secara umum 12 kabupaten tersebut masuk dalam kelas indeks risiko rendah hingga sedang, namun ada satu kabupaten yang mendekati kelas indeks tinggi yaitu kabupaten Rokan Hulu.*

**Kata kunci:** *Tata ruang, mitigasi, indeks bencana*

## Pendahuluan

Pergerakan lempeng Eurasia yang bergerak secara konvergen dengan lempeng Indo-Australia membuat terbentuknya zona tumbukan atau palung

di bagian barat pulau Sumatera. Zona tumbukan tersebut mengakomodasi pergerakan pada ke arah utara (Indo-Australia–Eurasia). Aktivitas kedua lempeng tersebut pada zona tumbukan sering menimbulkan terjadinya gempa sehingga Pulau

Sumatera dikenal sebagai salah satu tektonik aktif di dunia (McCaffrey, 2009).

Riau merupakan salah satu provinsi yang terletak di Pulau Sumatera dan berbatasan langsung dengan Provinsi Sumatera Barat yang dikenal sebagai daerah rawan gempa. Percepatan gerakan tanah dipengaruhi oleh kontribusi setiap sumber gempa. Nilai percepatan gerakan tanah akan semakin mengecil seiring dengan bertambahnya jarak lokasi dari sumber gempa (Hadi & Brotospito, 2015).

Secara aktivitas seismik Provinsi Riau tidak terlalu tinggi, tetapi untuk daerah-daerah yang memiliki jarak paling dekat dengan sumber gempa atau yang berbatasan langsung dengan Provinsi Sumatera Barat akan berpotensi memiliki nilai percepatan gerakan tanah yang lebih besar.

Perencanaan tata ruang memiliki peranan penting dalam upaya mitigasi bencana untuk meningkatkan ketahanan suatu wilayah (Putra, 2011). Ketersediaan peta gempa sangat berguna dalam perencanaan tata ruang. Tahun 2017 Indonesia telah merilis peta gempa terbaru, tetapi masih bersifat makro atau nasional. Kebutuhan perencanaan tata ruang saat ini adalah perencanaan yang bersifat mikro mengingat tingginya frekuensi kejadian gempa di Indonesia.

Maka dari itu, Peta Gempa 2017 yang diterbitkan Kementerian PUPR dengan skala nasional perlu dirincikan ke dalam peta skala kabupaten/kota agar dapat digunakan dalam pembuatan rencana tata ruang wilayah (RTRW) dan rencana detail tata ruang (RDTR). Kemudian nilai percepatan yang disajikan dalam peta gempa 2017 berada di batuan dasar yang lebih tepat implementasinya untuk perencanaan infrastruktur, sedangkan dalam perencanaan tata ruang dibutuhkan bahaya guncangan di permukaan yang dapat bervariasi di berbagai lokasi akibat perbedaan kondisi geologi dan jenis tanah (Partono, 2015). Jika menggunakan peta bahaya 2017, maka zonasi ruang di suatu kota atau kabupaten menjadi kurang tepat. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh peta mikrozonasi di Provinsi Riau dengan bahaya guncangan gempa di permukaan tanah.

Metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) merupakan sebuah metode yang cukup efektif untuk mengetahui distribusi potensi percepatan gerakan tanah serta dasar yang reliabel untuk memperkirakan risiko pada suatu daerah hunian atau infrastruktur yang ada.

Metode PSHA memberikan ruang secara eksplisit untuk memperhitungkan ketidakpastian dari

beberapa parameter input dan model yang digunakan seperti penentuan magnitudo, jarak sumber gempa, pemilihan persamaan prediksi gerakan tanah, pemodelan sumber gempa dan input lainnya. Ketidakpastian dalam parameter input dan model kemudian dikuantifikasikan dengan menerapkan *logic tree* (PuSGeN, 2017).

## Metode

### Pengumpulan data gempa

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data kejadian gempa dari tahun 1963 s.d. 2019 yang diperoleh dari *United States of Geological Surveys* (USGS, 2019). Data katalog gempa yang diambil berada pada batas administrasi 97.02 BT - 103.023 BT dan -3.90 LS - 2.96 LS. Skala magnitudo yang digunakan adalah  $M_w \geq 5$  dengan kedalaman < 300 km, dengan asumsi bahwa kejadian gempa pada kedalaman > 300 km tidak memberikan kontribusi dalam analisis PSHA (Ismul Hadi & Kirbani Sri Brotospito, 2015).

### Konversi skala magnitudo

Data-data kejadian gempa yang diperoleh dari USGS memiliki skala magnitudo bervariasi. Skala magnitudo tersebut terdiri dari *surface wave magnitude* ( $M_s$ ), *body wave magnitude* ( $M_b$ ), *richter local magnitude* ( $M_L$ ), dan *moment magnitude* ( $M_w$ ). Agar terjamin sebuah konsistensi dalam proses analisis maka digunakan satu skala magnitudo yaitu Magnitude momen ( $M_w$ ) karena dianggap lebih konsisten. Korelasi konversi antara beberapa skala magnitudo di Indonesia (Asrurifak *et al.*, 2010) terdapat pada Persamaan 1 sampai dengan 5

$$M_w = 0,143M_s^2 - 1,051M_s + 7,285 \quad (1)$$

$$M_w = 0,114M_b^2 - 0,556M_b + 5,560 \quad (2)$$

$$M_w = 0,787M_E + 1,573 \quad (3)$$

$$M_b = 0,125M_L^2 - 0,389M_L + 3,513 \quad (4)$$

$$M_L = 0,717M_D + 1,003 \quad (5)$$

### Pemisahan gempa utama dan ikutan

Memasukkan kejadian gempa ikutan dalam analisis PSHA akan mengakibatkan terjadinya peningkatan hasil analisis *seismic hazard* (Makrup, 2013). Pemisahan data gempa utama dan gempa susulan didasarkan pada kriteria rentang waktu dan jarak yang dihitung dengan menggunakan model empirik yang diusulkan oleh (Gardner & Knopoff, 1974) menggunakan bantuan *software* ZMAP ver.6 (Wiemer, 2001).

### Pemodelan sumber gempa

Model sumber gempa diperlukan sebagai hubungan antara data kejadian gempa dengan model perhitungan dalam menentukan tingkat bahaya gempa. Pemodelan sumber gempa dilakukan berdasarkan interpretasi terhadap kondisi seismoteknik, geologi dan geofisika (Sunardi, 2013). Model sumber gempa akan memberikan gambaran distribusi episenter kejadian gempa historik, frekuensi kejadian gempa dan pergeseran relatif lempeng (*slip-rate*) dari suatu sumber gempa (Irsyam *et al.*, 2010). Sumber gempa yang dimodelkan dalam penelitian menyesuaikan dengan program *Seismic Risk Model* (Makrup, 2009) yang diklasifikasikan kedalam 2 jenis model sumber gempa yaitu, sumber gempa patahan dan subduksi, sedangkan sumber gempa *background* tidak dimodelkan dalam penelitian ini karena keterbatasan program analisis yang digunakan. Model sumber gempa dapat dilihat pada Gambar 1.

### Penentuan parameter sumber-sumber gempa

Frekuensi kejadian gempa dalam analisis *seismic hazard* diperlukan untuk mendapatkan karakteristik sumber gempa dan direpresentasikan dalam parameter sumber gempa. Parameter sumber gempa terdiri dari parameter nilai *a* dan nilai *b*, magnitude maksimum, *slip rate*, dan *rate* (Sunardi, 2013). Penentuan parameter sumber-sumber gempa (Nilai *a* dan *b*) dalam penelitian ini menggunakan metode *maximum likelihood* dengan bantuan *software ZMAP ver.6* (Wiemer, 2001). Sedangkan untuk data *slip rate* sumber gempa patahan diambil dari (PuSGeN, 2017).

### Penentuan persamaan GMPE

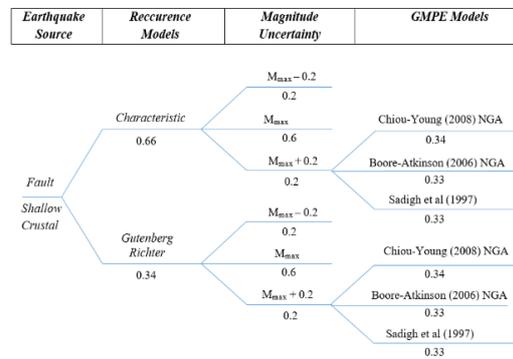
Sampai saat ini persamaan *Ground Motion Prediction Equation* (GMPE) yang diturunkan berdasarkan karakteristik wilayah Indonesia belum tersedia. Hal ini dikarenakan minimnya catatan gerakan tanah untuk wilayah Indonesia. Sebagai alternatif maka digunakan persamaan GMPE negara lain yang memiliki kesamaan kondisi geologi dan tektonik (PuSGeN, 2017).

Beberapa persamaan GMPE yang digunakan dalam penelitian ini sudah menggunakan persamaan *Next Generation Attenuation* (NGA) yang dalam pembuatannya sudah memperhitungkan data gempa secara global (Ismul Hadi & Kirbani Sri Brotospusito, 2015). Persamaan GMPE yang digunakan mengikuti dengan sumber-sumber gempa yang dimodelkan yaitu persamaan GMPE untuk model sumber gempa patahan dan persamaan GMPE untuk model sumber gempa subduksi, sedangkan persamaan GMPE untuk model sumber

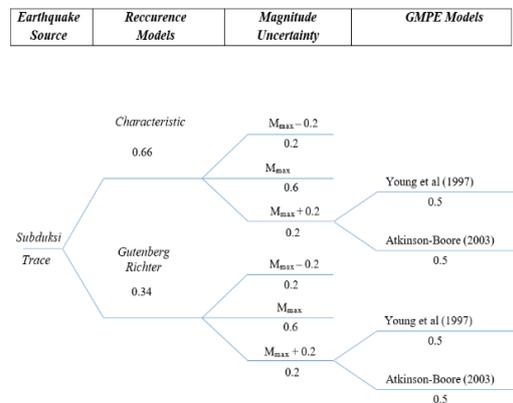
gempa *background* tidak digunakan karena keterbatasan kapasitas program analisis yang digunakan. Persamaan-persamaan GMPE yang digunakan untuk masing-masing model sumber gempa dapat dilihat pada Tabel 4.

### Penggunaan *logic tree*

Ketidakpastian umumnya dibagi menjadi 2 yaitu ketidakpastian *aleatory* dan *epistemic*. Ketidakpastian *epistemic* dalam analisis PSHA dapat diatasi dengan menerapkan model *logic tree* (Pawirodikromo, 2018). Penggunaan *logic tree* akan memberikan kerangka yang lebih tepat dalam memperbaiki hasil analisis akibat adanya ketidakpastian. *Logic tree* juga menyediakan penggunaan model dan parameter alternatif dengan masing-masing diberikan faktor pembobot. Faktor ini diinterpretasikan sebagai kemungkinan relatif dari model atau parameter menjadi benar (Makrup, 2013). Model *logic tree* pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Model *logic tree* untuk sumber gempa patahan



Gambar 2. Model *logic tree* untuk sumber gempa subduksi

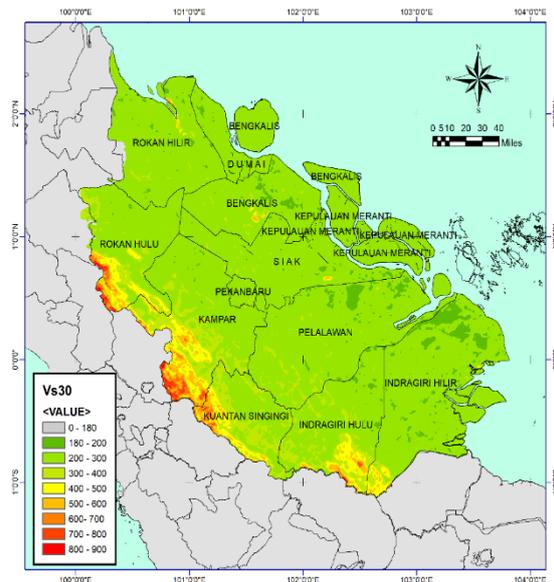
### Penentuan spektra percepatan di permukaan

Penentuan nilai spektra percepatan pada penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian yang

telah dilakukan sebelumnya oleh (Saputra *et al.*, 2020). Dimana pada penelitian tersebut penentuan nilai percepatan tanah permukaan dilakukan dengan menganalisis PSHA menggunakan persamaan atenuasi tanah (sebelum NGA) dan menggunakan Vs30 untuk persamaan GMPE (NGA). Pada penelitian ini dilakukan analisis percepatan tanah permukaan dengan menggunakan dua model analisis kemudian dilakukan perbandingan.

Model pertama (Model-1), nilai percepatan tanah di permukaan diperoleh dengan melakukan analisis PSHA di batuan dasar dengan menggunakan nilai kecepatan gelombang geser,  $Vs30 = 760$  m/s yang konstan disemua titik tinjauan, kemudian hasil analisis PSHA batuan tersebut dikalikan dengan faktor amplifikasi berdasarkan SNI Gempa (BSN, 2012).

Model kedua (Model-2) sama dengan penelitian (Saputra *et al.*, 2020) yaitu melakukan analisis PSHA di permukaan dengan menggunakan kecepatan gelombang geser rata-rata ( $Vs30$ ) dari (USGS, n.d.) dimana nilai  $Vs30$ nya bervariasi disetiap titik tergantung dari kondisi tanah. Peta kecepatan gelombang geser rata-rata ( $Vs30$ ) yang diperoleh dari (USGS, n.d.) di wilayah Provinsi Riau dapat dilihat pada Gambar 3.



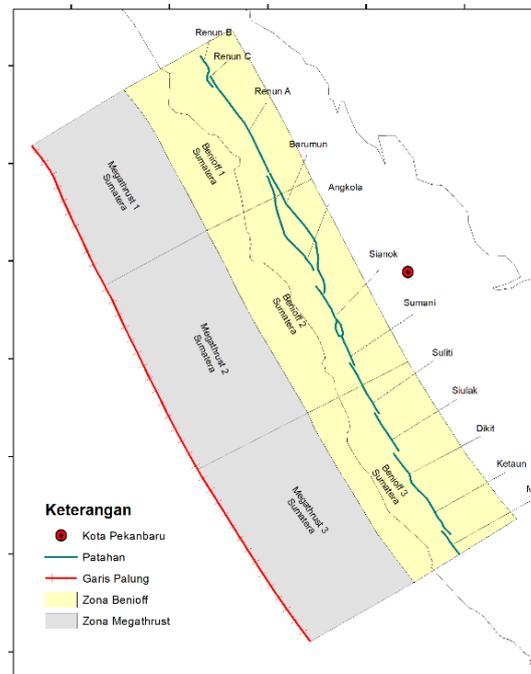
Gambar 3. Peta distribusi Vs30 di Riau (USGS, n.d.)

Hasil akhir dari penelitian ini berupa peta percepatan puncak (PGA) di permukaan tanah dengan probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun umur rencana bangunan untuk masing-masing Model analisis. Penentuan nilai percepatan gerakan tanah dalam penelitian ini digunakan bantuan program *Seismic Risk Model* (Makrup, 2009).

## Hasil dan Pembahasan

### Pemodelan sumber gempa

Pemodelan sumber gempa pada penelitian ini dilakukan berdasarkan sumber gempa subduksi (*megathrust* dan *benioff*) dan sumber gempa patahan Sumatera. Zona megathrust berada pada pertemuan antara lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia yang memiliki sudut penunjaman relatif landai hingga kedalaman 50 km. Zona benioff merupakan lanjutan dari pertemuan antara lempeng atau lanjutan dari zona megathrust yang memiliki sudut penunjaman relatif tajam dengan kedalaman >50 km (Erlangga, 2020). Sumber gempa *shallow crustal* terdapat pada patahan aktif di sepanjang pulau Sumatera. Hasil pemodelan dan sumber-sumber yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 2.



Gambar 4. Model sumber gempa

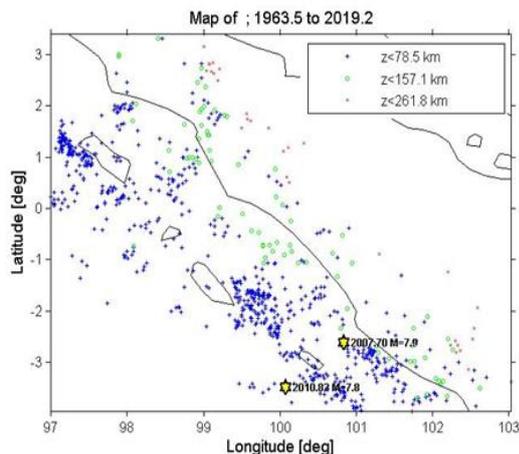
### Pengolahan data gempa

Pengolahan sumber gempa bertujuan untuk mendapatkan parameter-parameter sumber gempa. Pengolahan data gempa diawali dengan melakukan konversi skala magnitudo karena data gempa yang diperoleh dari USGS memiliki satuan magnitudo yang beragam sehingga diperlukan konversi dalam satu skala magnitudo ( $M_w$ ). Jumlah data kejadian gempa yang masuk dalam cakupan analisis setelah dilakukan konversi adalah sebanyak 825 kejadian. Langkah selanjutnya setelah konversi skala magnitudo adalah melakukan pemisahan gempa utama dan susulan, dari hasil pemisahan

terdapat sebanyak 691 data gempa ikutan dan 134 data gempa utama dimana data gempa ikutan lebih banyak seperti yang disajikan pada Gambar 5.

**Tabel 1. Keterangan model sumber gempa**

| Zona                                      | Sumber gempa             |
|---|--------------------------|
| Subduksi<br>( <i>Megathrust</i> )         | 1. Megathrust Sumatera 1 |
|   | 2. Megathrust Sumatera 2 |
|   | 3. Megathrust Sumatera 3 |
| Subduksi<br>( <i>Benioff</i> )            | 1. Benioff Sumatera 1    |
|   | 2. Benioff Sumatera 2    |
|   | 3. Benioff Sumatera 3    |
| <i>Shallow Crustal</i><br>(Sesar/patahan) | 1. Angkola               |
|   | 2. Barumun               |
|   | 3. Dikit                 |
|   | 4. Ketaun                |
|   | 5. Musi                  |
|   | 6. Renun A               |
|   | 7. Renun B               |
|   | 8. Renun C               |
|   | 9. Sianok                |
|   | 10. Siulak               |
|   | 11. Suliti               |
|   | 12. Sumani               |



**Gambar 5. Distribusi kejadian gempa**

### Parameter sumber-sumber gempa

Parameter sumber gempa merupakan cerminan dari karakteristik suatu sumber gempa. *a-value* merupakan konstanta dari produktivitas gempa, sedangkan *b-value* adalah konstanta distribusi gempa. *b-value* menunjukkan gradien dari persamaan linier hubungan frekuensi dan magnitude. nilai-*b* yang rendah akan berpotensi terjadi gempa besar. *a-value* yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat seismisitas dan *b-value* memiliki hubungan dengan *shear stress* pada batuan. Nilai-*b* yang kecil mengindikasikan adanya potensi terjadinya gempa besar. Hasil analisis parameter sumber-sumber gempa dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

### Percepatan tanah di batuan dasar

Nilai percepatan gerakan tanah akan dipengaruhi oleh kontribusi dari masing-masing sumber gempa. Program SR-Model yang digunakan dalam proses analisis memperhitungkan pengaruh dari sumber gempa subduksi dan sumber gempa patahan. Pengaruh sumber gempa subduksi adalah 500 km dari batas administrasi Provinsi Riau dan pengaruh sumber gempa patahan adalah 200 km dari batas administrasi Provinsi Riau, kejadian gempa yang terjadi diluar jarak tersebut diasumsikan tidak memberikan kontribusi yang berarti.

Besaran jarak pengaruh yang digunakan pada masing-masing sumber gempa (500 dan 200 km) diambil berdasarkan efektifitas analisis jarak maksimum dari persamaan GMPE yang digunakan untuk memprediksi gerakan tanah. Pengaruh percepatan gerakan tanah pada sumber gempa patahan berasal dari segmen Renun, Angkola, Barumun, Sianok, Sumani, Suliti, Siulak, Dikit, Ketun, dan Musi seperti yang terdapat pada Gambar 4, sedangkan pada zona subduksi Sumatera dipengaruhi oleh segmen Nias Simelue, Batu, Mentawai-Siberut, dan Mentawai Pagai

**Tabel 2. Parameter sumber gempa patahan**

| Segmen  | Slip rate | $M_{max}$ | <i>r-value</i> | <i>b-value</i> | Rate |
|---------|-----------|-----------|----------------|----------------|------|
| Angkola | 6,5       | 7,5       | 1              | 4,62           | 0,42 |
| Barumun | 6,0       | 7,7       | 1              | 4,57           | 0,37 |
| Dikit   | 12        | 7,1       | 1              | 4,90           | 0,80 |
| Ketaun  | 12        | 7,3       | 1              | 4,82           | 0,66 |
| Musi    | 13,5      | 7,2       | 1              | 4,85           | 0,71 |
| Renun A | 10,5      | 7,4       | 1              | 4,92           | 0,83 |
| Renun B | 8         | 6,8       | 1              | 4,81           | 0,65 |
| Renun C | 8         | 6,7       | 1              | 4,59           | 0,39 |
| Sianok  | 14        | 7,4       | 1              | 4,62           | 0,42 |
| Siulak  | 14        | 7,2       | 1              | 4,94           | 0,87 |
| Suliti  | 14        | 7,4       | 1              | 4,88           | 0,77 |
| Sumani  | 14        | 7,1       | 1              | 4,94           | 0,87 |

**Tabel 3. Parameter sumber gempa subduksi**

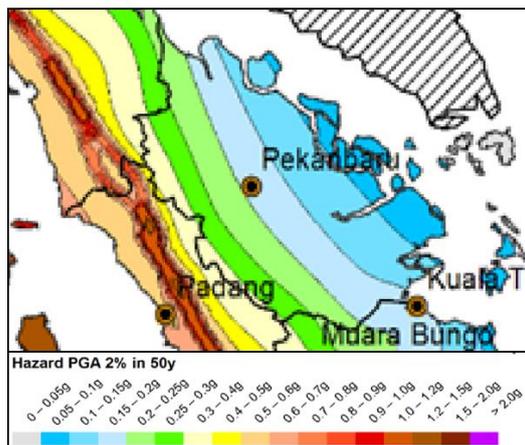
| Zona        | <i>a-value</i> | <i>b-value</i> | Rate | $M_{max}$ |
|-------------|----------------|----------------|------|-----------|
| <i>MS-1</i> | 5,98           | 1,10           | 3,02 | 8,9       |
| <i>MS-2</i> | 6,55           | 1,20           | 3,55 | 8,7       |
| <i>MS-3</i> | 5,36           | 0,98           | 2,85 | 8,9       |
| <i>BS-1</i> | 8,69           | 1,62           | 3,89 | 8,9       |
| <i>BS-2</i> | 6,71           | 1,28           | 2,04 | 8,7       |
| <i>BS-3</i> | 7,40           | 1,40           | 2,51 | 8,9       |

*MS* : *Megathrust Sumatera*

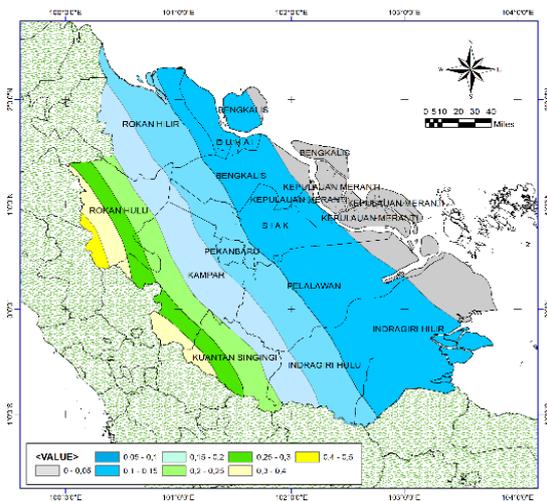
*BS* : *Benioff Sumatera*

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan bantuan program SR-Model diperoleh bahwa besarnya nilai spektra percepatan maksimum periode 0 detik (PGA) di batuan dasar akibat pengaruh semua

sumber gempa berkisar 0,4 - 0,5 g. Nilai spektra percepatan maksimum yang diperoleh pada penelitian ini tidak memiliki perbedaan hasil yang cukup signifikan dengan hasil penelitian dari Tim Pusat Studi Gempa Nasional 2017 (PuSGeN, 2017). Hal tersebut dapat dilihat dengan membandingkan Gambar 6 dan 7. Pada Gambar 6 dan 7 tampak bahwa nilai percepatan maksimum di Provinsi Riau pada kedua peta berada pada rentang 0,4 g dan 0,5 g. Nilai maksimum terdapat di Kabupaten Rokan Hulu. Berdasarkan nilai rentang percepatan, untuk kedua hasil penelitian tidak menunjukkan perbedaan yang cukup besar.



Gambar 6. Peta spektra percepatan di batuan dasar (PuSGeN, 2017)



Gambar 7. Peta spektra percepatan di batuan dasar hasil penelitian

Ditinjau dari pola disitribusi percepatan pada beberapa kabupaten yang berada di wilayah bagian barat Riau yang paling dekat dengan sumber gempa, nilai percepatan pada hasil penelitian ini lebih tinggi dari pada hasil Tim Pusat Studi Gempa Nasional, tetapi pada bagian timur yang memiliki jarak lebih jauh dari sumber gempa, nilai percepatan pada

beberapa kabupaten tidak menunjukkan selisih hasil yang jauh berbeda. Perbedaan ini bisa saja terjadi karena perbedaan penggunaan *software* analisis, model sumber gempa dan parameter input lainnya.

### Percepatan tanah di permukaan

Membandingkan hasil penelitian dengan peta tim PuSGeN merupakan suatu cara untuk mengontrol ketepatan hasil penelitian agar terhindar dari tingkat kesalahan yang terlalu besar. Dikarenakan sebelumnya telah diketahui bahwa rentang percepatan di batuan dasar untuk provinsi Riau tidak memiliki perbedaan hasil yang cukup signifikan maka analisis pada penelitian ini dilanjutkan dengan menganalisis percepatan di permukaan tanah.

Intesitas guncangan tanah pada saat kejadian gempa tidak hanya tergantung pada jarak dari lokasi kejadian ke pusat gempa, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi geologi sekitar. Pada tanah permukaan yang dibawahnya terdapat lapisan sedimen atau endapan guncangan akan terasa lebih kuat jika dibandingkan pada tanah permukaan yang dibawahnya terdapat batuan keras (Geologi, 2018). Berdasarkan penjelasan tersebut maka penggunaan peta percepatan di batuan dasar menjadi kurang tepat jika digunakan sebagai dasar perencanaan pengembangan kota yang berbasis mitigasi bencana gempa. Dalam perencanaan tata ruang berbasis mitigasi bencana gempa dibutuhkan nilai percepatan gerakan tanah di permukaan.

Penentuan nilai percepatan tanah permukaan dalam penelitian ini dilakukan dengan 2 model. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, Percepatan tanah permukaan pada Model-1 diperoleh dengan mengalikan hasil analisis PSHA di batuan dasar dengan faktor amplifikasi (SNI-1726). Adapun kecepatan gelombang geser rerata yang digunakan pada analisis PSHA batuan adalah konstan ( $V_{s30} = 760$  m/s) untuk setiap titik tinjauannya, hal tersebut diambil agar terpenuhinya klasifikasi situs batuan setiap titik tinjauan. Sedangkan Model 2, nilai percepatan dipermukaan langsung diperoleh dari hasil analisis PSHA di permukaan dengan menggunakan nilai kecepatan gelombang geser rerata ( $V_{s30}$ ) dengan besaran yang bervariasi setiap titiknya. Rangkuman perbedaan parameter yang digunakan dalam penentuan nilai percepatan di permukaan untuk kedua Model analisis PSHA disajikan pada Tabel 4.

Penentuan nilai percepatan di permukaan dalam bentuk 2 model tersebut juga telah dilakukan oleh (Partono, 2015) dimana untuk menentukan koefisien amplifikasi dilakukan dengan membandingkan nilai percepatan di permukaan dan

di batuan dasar. Percepatan di batuan dasar diperoleh dari analisis PSHA dengan menggunakan  $V_{s30} = 760$  m/s, dan percepatan di permukaan diperoleh dari analisis PSHA menggunakan nilai  $V_{s30}$  yang bervariasi dan diperoleh dari pengujian N-SPT di lapangan.

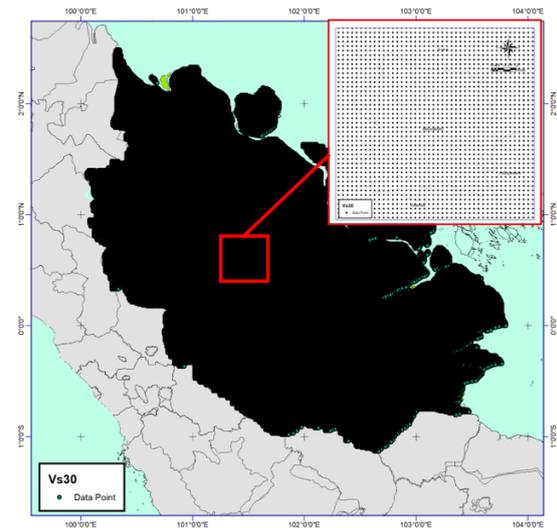
**Tabel 4. Perbedaan penggunaan parameter dalam analisis**

|             | Model-1  | Model-2   |
|-------------|--|---|
| <b>Vs</b>   | $V_s$ Batuan = 760 m/s   | $V_s$ rerata 30 m   |
| <b>GMPE</b> | Subduksi :<br>Youngs <i>et al.</i> , (1997) – prs.batuan<br>Atkinson – Boore (2003).<br><i>Shallow crustal</i> :<br>Sadigh <i>et al.</i> , (1997) – prs.batuan<br>Boore-Atkinson (2006)<br>NGA<br>Chiou-Young (2008)<br>NGA. | Subduksi :<br>Youngs <i>et al.</i> , (1997) – prs. tanah<br>Atkinson – Boore (2003).<br><i>Shallow crustal</i> :<br>Sadigh <i>et al.</i> , (1997) – prs.tanah<br>Boore-Atkinson (2006)<br>NGA<br>Chiou-Young (2008)<br>NGA. |

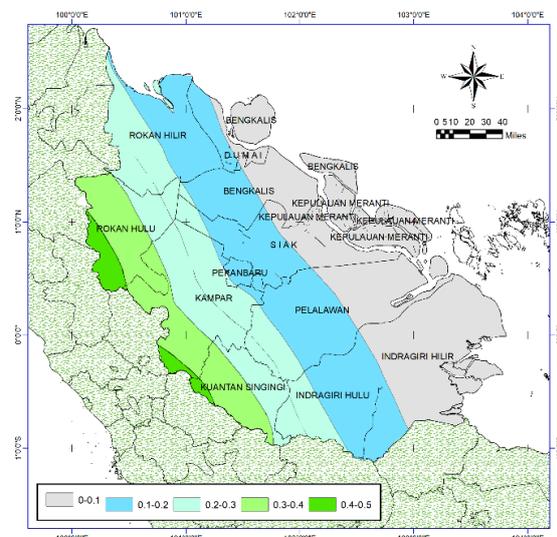
Metode untuk mendapat kecepatan gelombang geser rerata permukaan ( $V_{s30}$ ) pada Model-2 yang disajikan pada Tabel 1 berbeda dengan metode untuk mendapatkan  $V_{s30}$  yang dijelaskan pada penelitian (Partono, 2015). Pada penelitian ini data  $V_{s30}$  tidak diperoleh dari hasil pengujian di lapangan, tetapi menggunakan  $V_{s30}$  pendekatan yang diambil dari data yang disediakan oleh (USGS, n.d.). Konfirmasi data  $V_{s30}$  antara data USGS dengan hasil pengujian di lapangan sudah pernah diteliti oleh (Arifudin, 2019) yang mencoba membandingkan nilai  $V_{s30}$  dari hasil pengujian di lapangan menggunakan mikrotremor dengan data  $V_{s30}$  dari USGS. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dari 111 titik pengujian yang dilakukan di lapangan diperoleh hasil bahwa nilai  $v_{s30}$  dari pengujian lapangan mendekati dengan data  $V_{s30}$  dari USGS dengan rasio rata-rata mendekati 1 yaitu 1,165.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dan juga keterbatasan data pengujian tanah dengan cakupan wilayah Provinsi Riau yang luas 87.024 km<sup>2</sup> sehingga data  $V_{s30}$  dari USGS digunakan untuk menganalisis percepatan tanah permukaan di Provinsi Riau. Adapun jumlah data  $V_{s30}$  yang digunakan untuk menganalisis percepatan tanah di provinsi Riau adalah banyak 106.871 titik dengan jarak antar masing-masing titik  $\pm 1$  km. Kelebihan dari penggunaan data  $V_{s30}$  dari USGS adalah titik-titik koordinat  $V_{s30}$ nya memiliki rentang jarak yang cukup dekat sehingga dapat dilakukan analisis yang lebih mendetail. Peta distribusi data  $V_{s30}$  Provinsi Riau yang disajikan pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa karena jarak antar titik  $V_{s30}$  cukup dekat  $\pm 1$  km sehingga ketika disajikan dalam peta

skala provinsi titik-titik tersebut terlihat seperti menyatu, namun pada box insert dapat dilihat kondisi sesungguhnya terdapat jarak antara titik-titik tersebut. Hasil analisis percepatan tanah di permukaan pada Model-1 menunjukkan hasil bahwa percepatan permukaan tanah berada pada rentang ( $> 0 - 0,5g$ ). Distribusi percepatan permukaan menunjukkan percepatan maksimum terdapat pada kabupaten/ kota yang berdekatan dengan provinsi Sumatera Barat yaitu Kabupaten Rokan Hulu, Kabupaten Kampar, dan Kabupaten Kuantan Singingi. Peta distribusi spektra percepatan di permukaan pada Model-1 dapat dilihat pada Gambar 9.



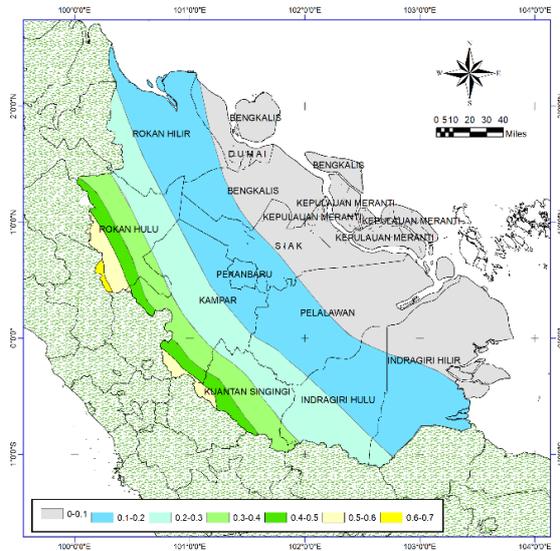
**Gambar 8. Peta dsitribusi Vs30 Provinsi Riau**



**Gambar 9. Peta spektra percepatan di permukaan Model-1**

Penentuan percepatan tanah permukaan pada Model-1 memiliki perbedaan dalam proses analisis dengan Model-2. Pada Model-2, nilai percepatan

langsung dianalisis dipermukaan dengan menggunakan data Vs30 rerata permukaan sehingga tidak perlu dilakukan perambatan dari batuan ke permukaan seperti Mode-1.



Gambar 10. Peta spektra percepatan di permukaan model-2

Setelah dilakukan analisis, hasil analisis Model-2 menunjukkan peningkatan nilai percepatan dengan percepatan maksimum mencapai 0,63 g atau memiliki selisih 0,13 g dari hasil Model-1. Untuk mengetahui distribusi percepatan permukaan setiap kabupaten/kota di Provinsi Riau pada Model-2 dapat dilihat pada Gambar 10.

#### Perbandingan peta percepatan Model-1 dan Model-2

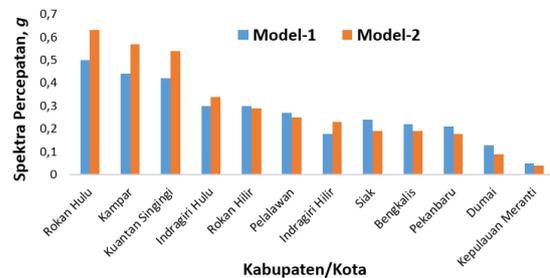
Perbedaan hasil percepatan tanah permukaan antara Model-1 dan Model-2 bisa disebabkan karena ada perbedaan penggunaan persamaan GMPE yaitu pada GMPE Youngs *et al.*, (1997) dan Sadigh *et al.*, (1997). Pada Model-1 menggunakan persamaan untuk batuan dan pada Model-2 menggunakan persamaan untuk tanah. Perbedaan hasil juga dapat disebabkan karena pada Model-2 menggunakan data Vs30 yang bervariasi setiap titiknya, percepatan gerakan tanah akan cenderung membesar pada tanah yang memiliki nilai Vs30 lebih rendah (tanah lunak) dan akan mengecil pada tanah yang memiliki Vs lebih tinggi (tanah keras atau batuan) (Susilanto *et al.*, 2019).

Rentang nilai percepatan skala kabupaten pada Gambar 11 dan Tabel 5 menunjukkan hasil bahwa tidak pada semua kabupaten nilai percepatan dengan Model-2 selalu lebih besar, tetapi hanya pada kabupaten-kabupaten yang memiliki jarak lebih dekat dengan sumber gempa, sedangkan pada kabupaten yang memiliki jarak lebih jauh dari

sumber gempa nilai percepatan dengan Model-1 memiliki nilai yang lebih besar. Belum diketahui penyebab hal ini, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut.

Tabel 5. Rentang percepatan permukaan skala kabupaten/kota

| Kabupaten         | Percepatan Permukaan (g) |             |
|-------------------|--------------------------|-------------|
|                   | Model-1                  | Model-2     |
| Bengkalis         | 0.01 - 0.22              | 0.01 - 0.19 |
| Dumai             | 0.01 - 0.13              | 0.01 - 0.09 |
| Kepulauan Meranti | 0.01 - 0.05              | 0.01 - 0.04 |
| Indragiri Hilir   | 0.01 - 0.18              | 0.01 - 0.23 |
| Indragiri Hulu    | 0.07 - 0.30              | 0.08 - 0.34 |
| Kampar            | 0.21 - 0.44              | 0.17 - 0.57 |
| Pekanbaru         | 0.17 - 0.21              | 0.14 - 0.18 |
| Kuantan Singingi  | 0.25 - 0.42              | 0.24 - 0.54 |
| Pelalawan         | 0.01 - 0.27              | 0.01 - 0.25 |
| Rokan Hilir       | 0.13 - 0.30              | 0.12 - 0.29 |
| Rokan Hulu        | 0.20 - 0.50              | 0.16 - 0.63 |
| Siak              | 0.01 - 0.24              | 0.01 - 0.19 |



Gambar 11. Spektra percepatan puncak (PGA)

Faktor keamanan dan keselamatan merupakan hal yang utama dalam upaya mitigasi bencana, maka dari dua model analisis yang digunakan dalam penelitian ini, hasil dari Model-2 merupakan metode yang direkomendasikan karena memiliki nilai spektra percepatan yang lebih besar. Hasil prediksi gerakan tanah dengan Model-2 dapat dijadikan rujukan oleh pemerintah Provinsi Riau dalam perencanaan tata ruang berbasis mitigasi bencana gempa terutama pada daerah-daerah yang dekat dengan sumber gempa atau dengan Provinsi Sumatera Barat.

Column chart yang terdapat pada Gambar 11 menunjukkan bahwa dari 12 kabupaten/kota yang ada di Provinsi Riau, terdapat tiga kabupaten yang memiliki nilai percepatan lebih tinggi yaitu, Kab. Rokan Hulu dengan nilai percepatan maksimum sebesar 0,63 g, kemudian Kabupaten Kampar dengan nilai percepatan maksimum 0,57 g dan yang ketiga adalah Kabupaten Kuantan Singingi dengan nilai percepatan sebesar 0,54 g. Tiga Kabupaten tersebut merupakan kabupaten yang memiliki jarak

paling dekat dengan sumber gempa. Kabupaten Kepulauan Meranti dan Kabupaten Dumai merupakan dua kabupaten yang memiliki nilai percepatan paling rendah karena berada paling jauh dari sumber gempa. Hal ini sesuai dengan yang disampaikan oleh (Hadi, 2015) bahwa Nilai percepatan gerakan tanah akan semakin mengecil seiring dengan bertambahnya jarak lokasi dari sumber gempa.

### Indeks ancaman bencana

Hingga saat ini ketersediaan rekaman data percepatan tanah kejadian gempa di Indonesia masih sangat minim karena terbatasnya alat perekaman (*Accelerograph*). Di Indonesia biasanya tingkat kerusakan lebih dihubungkan dengan besaran magnitude, sehingga sulit untuk mengidentifikasi hubungan antara percepatan dan tingkat kerusakan/risiko pada suatu wilayah di Indonesia. Maka, dalam penelitian ini dilakukan pendekatan menggunakan tabel hubungan antara percepatan dan tingkat risiko yang disediakan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dalam Perka No. 2 tahun 2012 tentang pedoman untuk pengkajian bencana di Indonesia. BNPB telah merumuskan kelas indeks ancaman bencana gempa bumi berdasarkan nilai *peak ground acceleration* (PGA) seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Komponen indeks ancaman bencana

| Indikator              | Kelas Indeks            |                         |                    |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
|                        | Rendah                  | Sedang                  | Tinggi             |
| Peta Bahaya Gempa Bumi | PGA<br>( $< 0.25$<br>g) | PGA<br>( $0.25 - 0.7$ ) | PGA<br>( $> 0.7$ ) |

(BNPB, 2012)

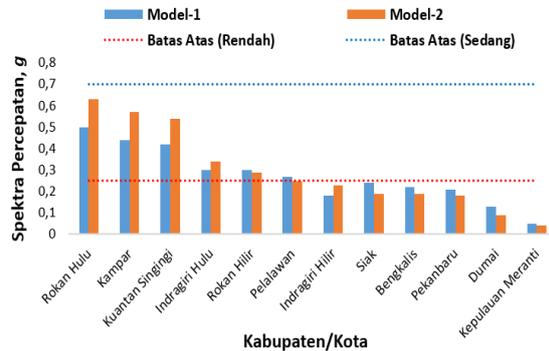
Berdasarkan indeks ancaman bahaya gempa pada Tabel 6 kemudian direkapitulasi pada Tabel 7 dan Gambar 12, diketahui bahwa semua kabupaten yang ada di Provinsi Riau tidak ada yang masuk dalam ancaman katagori “Tinggi”, 12 kabupaten yang ada di Provinsi Riau masuk dalam kategori indeks “Rendah” hingga “Sedang”. Meskipun demikian, kewaspadaan terhadap ancaman gempa bumi harus selalu ditingkat terutama untuk Kabupaten Rokan Hulu dan Kabupaten Kampar yang memiliki nilai percepatan gerakan tanah yang sudah mendekati kelas indeks tinggi.

Perencanaan tata ruang wilayah berbasis mitigasi bencana gempa sangat direkomendasikan kepada pemerintah daerah Kabupaten Rokan Hulu dan Kabupaten Kampar mengingat aktivitas seismik yang terus meningkat beberapa tahun belakangan ini ditandai dengan banyaknya patahan aktif baru yang ditemukan di sekitar pulau Sumatera

(PuSGeN, 2017) dan tidak menutup kemungkinan beberapa tahun kedepan Kabupaten Rokan Hulu bisa masuk dalam kelas indeks tinggi.

Tabel 7. Indeks ancaman bencana gempa Riau

| No | Kabupaten         | Kelas Indeks                 |
|----|-------------------|------------------------------|
| 1  | Bengkalis         | Rendah                       |
| 2  | Dumai             | Rendah                       |
| 3  | Kepulauan Meranti | Rendah                       |
| 4  | Indragiri Hilir   | Rendah                       |
| 5  | Indragiri Hulu    | Sedang                       |
| 6  | Kampar            | Sedang                       |
| 7  | Pekanbaru         | Rendah                       |
| 8  | Kuantan Singingi  | Sedang                       |
| 9  | Pelalawan         | Sedang                       |
| 10 | Rokan Hilir       | Sedang                       |
| 11 | Rokan Hulu        | Sedang<br>(mendekati tinggi) |
| 12 | Siak              | Rendah                       |



Gambar 12. Indeks ancaman gempa Riau

### Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini diperoleh bahwa dari 2 model analisis yang digunakan untuk memprediksi percepatan gerakan tanah dipermukaan, Model-2 memiliki nilai percepatan lebih besar dengan selisih maksimum sebesar 0,13 g jika dibandingkan dengan Model-1. Dari 12 kabupaten/kota yang ada di Provinsi Riau terdapat tiga kabupaten yang memiliki nilai percepatan lebih tinggi yaitu, Kab. Rokan Hulu dengan nilai percepatan maksimum sebesar 0,63 g, kemudian Kabupaten Kampar dengan nilai percepatan maksimum 0,57 g dan yang ketiga adalah Kabupaten kuantan Singingi dengan nilai percepatan sebesar 0,54 g.

Sedangkan kabupaten yang memiliki nilai percepatan gerakan tanah terendah adalah Kabupaten Kepulauan Meranti dan Kabupaten Dumai. Berdasarkan kelas indeks ancaman bencana, 12 kabupaten yang ada di Provinsi Riau masuk dalam kategori kelas indeks rendah hingga sedang, tetapi ada satu kabupaten yang memiliki nilai percepatan mendekati kelas indeks tinggi yaitu Rokan Hulu.

## Daftar Pustaka

- Asrurifak, M., I., B., B., W., T., & Hendriyawan, H. (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.
- Arifudin. (2019). *Konfirmasi kecepatan gelombang geser (Vs30) antara data usgs dengan hasil penelitian lapangan*. Konferensi Nasional Teknik Sipil Ke-13. Universitas Syiah Kuala.
- BNPB. (2012). *Pedoman umum pengkajian risiko bencana (Perka BNPB No.02 Tahun 2012)*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BSN. (2012). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- Douglas, J. (2018). *Ground motion prediction equations 1964\_2018*. University of Strathclyde.
- Erlangga, W. (2020). Karakteristik dan parameter subduksi sumber gempa Pulau Jawa. *Teknisia*, XXV(2), 30–40.
- Gardner, J. K., & Knopoff, L. (1974). *Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed, Poissonian?*
- Geologi, B. (2018). *Di balik pesona palu bencana melanda geologi menata* (A. O. O. A. Kurnia. (ed.)). Badan Geologi.
- Irsyam, M., Sengara, W., Aldiamar, F., & Widiyantoro, S. (2010). *ringkasan hasil studi tim revisi peta gempa Indonesia 2010*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Hadi, A. I., & Brotopuspito, K. S. (2015). Pemetaan percepatan getaran tanah maksimum menggunakan pendekatan probabilistic seismic hazard analysis (psha) di kabupaten kepahiang provinsi bengkulu. *Berkala Fisika*, 18(3), 101-112.
- Makrup, L. (2009). *Pengembangan peta deagregasi hazard untuk indonesia melalui pembuatan software dengan pemodelan sumber gempa tiga Dimensi*. Institut Teknologi Bandung.
- Makrup, L. (2013). *Seismic Hazard untuk Indonesia* (Edisi Pert). Graha Ilmu.
- McCaffrey, R. (2009). The tectonic framework of the sumatran subduction zone. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 37(May 2009), 345–366.
- Partono, W. (2015). Aplikasi metode HVSR pada perhitungan faktor amplifikasi tanah di kota Semarang. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 19(2), 125–134.
- Pawirodikromo, W. (2018). The estimated pga map of the Mw6.4 2006 Yogyakarta Indonesia earthquake, constructed from the modified mercalli intensity imm. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 51(2), 92–104.
- PuSGeN. (2017). *Peta Sumber daya dan bahaya gempa indonesia tahun 2017* (Cetakan Pertama). Pustlitbang PUPR.
- Putra, A. P. (2011). Penataan ruang berbasis mitigasi bencana Kabupaten Kepulauan Mentawai. *Jurnal Penanggulangan Bencana*, 2, 11–20.
- Saputra, E., Makrup, L., Nugraheni, F., & Pawirodikromo, W. (2020). Analisis percepatan tanah permukaan di wilayah riau dengan metode PSHA. *Teknisia*, XXV(1), 42–49.
- Sunardi, B. (2013). *Peta deagregasi hazard gempa wilayah Jawa dan rekomendasi ground motion di empat daerah*. Universitas Islam Indonesia.
- Susilanto, P., Ngadmanto, D., Sunardi, B., & Rohadi, S. (2019). Analisis kecepatan gelombang geser (Vs) sebagai upaya mitigasi bencana gempabumi di Kulonprogo, DIY. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 10(2).
- USGS. (n.d.). *Vs30 models and data*. retrieved February 23, 2020, from <https://earthquake.usgs.gov/data/vs30/>
- Wiemer, S. (2001). A software package to analyze seismicity: ZMAP. *Seismological Research Letters*, 72(3), 373–382. <https://doi.org/10.1785/gssrl.72.3.373>