Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat
Volume 21, Nomor 1, Februari 2024
1819-796X (p-ISSN); 2541-1713 (e-ISSN)

Analisis Tingkat Kerentanan Tanah Akibat Gempa bumi di Wilayah Tarutung dan Sekitarnya Menggunakan Metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis*

Nindya Mirandani Pratiwi [1], Lailatul Husna Lubis[1*)], Ratni Sirait[1], Reinhard Sipayung[2]
[1]Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan
[2]BMKG Stasiun Geofisika Deli Serdang

[*)]Email korespodensi: lailatulhusnalubis@uinsu.ac.id

DOI: https://doi.org/10.20527/flux.v21i1.17157
Submitted: *15th August, 2023; Accepted: 14th October, 2023*

ABSTRAK- Kondisi geotektonik dan geologis wilayah Tarutung yang dilintasi oleh jalur patahan aktif Renun dan Toru mengakibatkan wilayah tersebut sering mengalami terjadinya gempa bumi. Penentuan nilai percepatan tanah maksimum (PGA) menjadi suatu metode yang sangat penting dilakukan untuk melihat kerentanan tanah akibat terjadinya gempa bumi di wilayah tersebut. Penelitian ini menggunakan metode PSHA dengan probabilitas terlampaui 2% *PE* 50 tahun atau periode ulang 2.500 tahun. Data yang digunakan adalah data gempa bumi dengan magnitudo 4,3–6,4 Mw dan kedalaman 10–250 km dimulai tahun 1971–2022. Data ini diperoleh dari dua sumber yaitu katalog IRIS dan data BMKG Stasiun Geofisika Kelas I Deli Serdang. Analisis kerentanan yang didapat berupa nilai percepatan tanah maksimum di batuan dasar pada kondisi T=0s (PGA), T=0,2 s (periode pendek), T=1,0 (periode panjang) dengan probabilitas telampaui 2% dalam 50 tahun di batuan dasar. Hasil penelitian ini didapat nilai percepatan tanah maksimum 0,3–0,9 g untuk PGA (T=0,0 s), 0,4–0,9 g untuk periode pendek (T =0,2 s), 1,0–1,2 g untuk periode panjang (T=1,0 s). Daerah yang memperoleh nilai PGA tertinggi terletak di Kecamatan Pahe Julu, Kecamatan Pahae Jae dan Kecamatan Simangumban.

KATA KUNCI: percepatan tanah maksimum, PSHA, sesar Renun dan Toru.

ABSTRACT– *The geotectonic and geological conditions of the Tarutung region, which is crossed by the active Renun and Toru fault lines, cause the region to experience frequent earthquakes. Determination of the maximum ground acceleration (PGA) value is a very important method to see the vulnerability of the soil due to earthquakes in the region. This research uses the PSHA method with a probability of exceeding 2% PE for 50 years or a return period of 2,500 years. The data used is earthquake data with a magnitude of 4.3–6.4 Mw and a depth of 10–250 km starting from 1971–2022. This data was obtained from two sources, namely the IRIS catalog and data from BMKG Geophysical Station Class I Deli Serdang. The vulnerability analysis obtained changes the value of peak ground acceleration in bedrock at the condition of T=0 s (PGA), T=0.2 s (short period), T = 1 (long period) with a probability of exceeding 2% in 50 years in bedrock. The results of this study obtained maximum ground acceleration values of 0.3–0.9 g for PGA (T=0 s), 0.4–0.9 g for short period (T=0.2 s), 1.0–1.2 g for long period (T=1 s). Areas with the highest ground acceleration values are located in Pahe Julu District, Pahae Jae District and Simangumban District.*

KEYWORDS: peak ground acceleration, PSHA, Renun and Toru fault

PENDAHULUAN

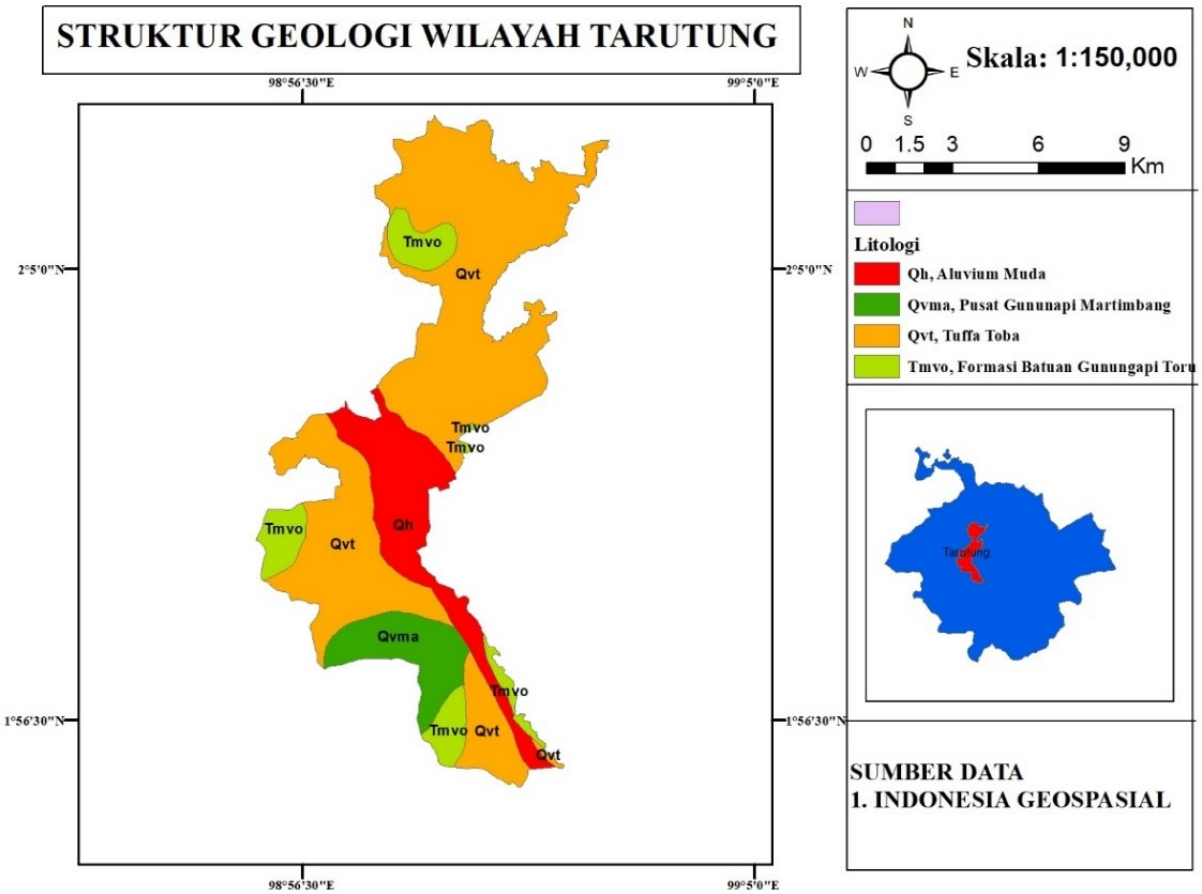
Secara geografis Indonesia terletak di sekitar khatulistiwa, dimana wilayah Indonesia memiliki keragaman morfologi yang dipengaruhi oleh faktor geologi. Penyebab utama dari faktor tersebut yaitu karena adanya pertemuan tiga lempeng tektonik besar aktif (*Triple Junction Plate Convergence*) di sekitar wilayah Indonesia, yang mencakup Lempeng Indo-Australia bergerak ke utara, lempeng Eurasia bergerak ke tenggara dan lempeng pasifik bergerak ke barat. Akibat dari pergerakan ketiga lempeng tersebut membuat negara Indonesia dikenal dengan negara yang

mengalami tingkat seismik tertinggi (Gustin,2009).

Gempa bumi ialah fenomena alam yang terjadi akibat getaran kuat diatas muka bumi yang disebabkan karena adanya pelepasan energi secara spontan akibat pergerakan batuan di sepanjang patahan atau zona (Simanjuntak and Olymphia 2017). Energi yang dilepaskan berasal dari akumulasi penimbunan energi akibat deformasi berkelanjutan pada batuan yang dilakukan secara terus menerus hingga membentuk gelombang seismik yang merambat dibawah bumi.

Wilayah yang sering mengalami terjadinya gempa bumi salah satunya yaitu Kecamatan Tarutung, dapat dilihat pada Gambar 1 bahwa kondisi geotektonik dan geologis kota tersebut dilintasi oleh jalur patahan aktif Renun dan Toru. Zona Tarutung memiliki struktur cekungan berbeda yang terbentuk di sepanjang Zona Sesar Sumatera (SFZ). Penarikan cekungan yang disebabkan oleh perubahan luasan dan arah pergerakan lempeng Indo-Australia yang mengarah ke segmentasi sesar Sumatera. Berdasarkan data seismik historis dan adanya sesar perpindahan aktif (Renun, Angkola dan Toru) serta adanya *Sumatra Fault Zone* (SFZ), menjadikan daerah Tarutung sebagai daerah yang sangat terancam kegempaan tinggi (Safitri et al, 2008).

Dalam studi kasus yang dilakukan oleh (Supendi, Pepen, dkk, Analisis Gempa Tarutung Sumut Mw 5,8 Tanggal 1 Oktober 2022) mengindikasikan telah terjadi gempa bumi pada tanggal 1 Oktober 2022 di Kawasan Tarutung, Sumatera Utara, dengan kekuatan gempa 5,8 Mw, berdasarkan data BMKG, hingga Pada 4 Oktober 2022, tercatat 117 gempa susulan bermagnitudo 1,7–5,2 dengan kedalaman rata-rata sekitar 10 km, dimana masyarakat merasakan 15 gempa susulan. Gempa ini dirasakan di daerah Tarutung. dengan skala magnitudo VI MMI (*Modified Mercalli Intensity*), daerah Sipahutar V MMI,



Gambar 1. Peta Geologi Kecamatan Tarutung

Tapaktuan dan Gunung Sitoli III MMI. Dari Peristiwa gempa tersebut menyebabkan 25 orang meninggal dunia, 25 luka-luka dan sekitar 900 rumah rusak di Kabupaten Tapanuli Utara.

Berdasarkan sejarah dan penyebab terjadinya gempa di wilayah Tarutung, salah langkah yang diambil dalam menghadapi risiko ketika terjadi bencana gempa bumi yaitu dengan melakukan mitigasi bencana, dengan cara menentukan nilai percepatan pergerakan tanah maksimum pada gempa di wilayah Tarutung (PGA) dengan metode PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis).* Pada tahun 1968 Cornel melakukan pengembangan metode PSHA untuk pertama kalinya, setelah itu Merz melanjutkan metode tersebut pada tahun 1976, dan dikembangkan lebih jelas lagi oleh Mc. Guire tahun 1976. Tujuan analisis ini adalah untuk menentukan probabilitas terlampauinya nilai PGA pada periode ulang tertentu.

Hazard artinya bahaya. Pada bidang seismologi menjelaskan bahwa bahaya yang mengacu pada kejadian yang ditimbulkan oleh bencana alam yang ekstrim, yang dapat merusak sistem lingkungan manusia. *Seismic hazard* atau bahaya seismik adalah bahaya yang terkait dengan aktivitas seismik dengan tingkat risiko kemungkinan terjadinya kerusakan material seperti bangunan rumah yang roboh dan terdapat korban jiwa akibat bencana alam tertentu. Risiko ini berkaitan langsung dengan kerugian yang sangat besar yang di alami banyak orang akibat gempa bumi (Sunardi, 2013).

Metode PSHA adalah metode yang dipakai untuk menghitung kuantifikasi getaran tanah yang terjadi akibat peristiwa gempa bumi, metode ini juga digunakan untuk menentukan ketidakpastian besarnya magnitudo jarak dari pusat gempa (r) dan waktu terjadi gempa (Indri et al, 2022).

Metode PSHA merupakan satu diantara metode yang dipakai untuk mengidentifikasi daerah dengan risiko gempa yang paling tinggi dengan menghitung nilai *Probabilistic Seismic Hazard Analysis*. Resiko akibat gempa adalah kemungkinan bahwa ketika gempa bumi terjadi dengan melihat intensitas tertentu selama masa guna bangunan dari suatu gempa tersebut. Risiko gempa bumi ini dinyatakan juga dalam bentuk Pers. 1(Guntur Passau, 2015)

$$R_n = 1 - (1 - R_a)^N \quad (1)$$

Keterangan:

R_n = Risiko Gempa

R_a = Risiko tahunan = 1/T

N = Masa guna bangunan

T = Periode ulang gempa

Risiko gempa yang dimaksud adalah kerusakan akibat gempa, perhitungan risiko gempa terkait dengan intensitas gempa dan besarnya rata-rata lingkaran struktur bangunan. Periode ulang 2.500 tahun Gempa bumi tidak terjadi setiap 2.500 tahun Sekali. Periode pengembalian ini digunakan untuk mengetahui nilai Interpretasi Probabilitas Tahunan Sederhana, dengan menghitung 1/500 = 0,002, artinya, ada kemungkinan 0,2% hal ini terjadi gempa bumi dalam setahun. (SNI 1726 2012).

PGA adalah nilai percepatan pergerakan tanah maksimum yang digunakan sebagai indeks untuk mendeteksi tingkat kerusakan bangunan akibat terjadinya gempa bumi (Safawardi.2019). Sampai saat ini penggunaan metode PSHA masih populer digunakan oleh para profesional dalam bidang desain struktur bangunan tahan gempa atau penanggulangan bencana (Toban n.d, 2017).

Percepatan tanah maksimum dapat dicari dengan menggunakan dua metode yaitu, dengan mencari nilai PGA dengan mengukur secara langsung menggunakan alat *accelerograph* dan yang kedua menggunakan rumusan empiris. Nilai PGA dapat dihitung dengan rumus baku pada Pers. 2 : (Jimmi Nugraha, 2014).

$$\mathrm{PGA} = \mathrm{A_{max}} \times \mathrm{CF} \quad (2)$$

Keterangan:

PGA merupakan Percepatan pergerakan tanah maksimum, Amax merupakan amplitudo maksimum dan CF adalah faktor konversi dalam bentuk konstanta sebagai

acuan untuk menentukan nilai amplitudo gelombang seismik.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Gambar 2 merupakan peta wilayah penelitian dengan skala 1:150.000. Penelitian ini dilakukan di Stasiun Geofisika Kelas I Deli Serdang. Lokasi penelitian ini adalah Kecamatan Tarutung dan sekitarnya, dengan titik koordinat 1°20′- 2° 41′ LU dan 98° 05′-99°16′ BT.

Data

Penelitian ini menggunakan data kejadian gempa bumi di Wilayah Tarutung dan sekitarnya mulai dari tahun 1971–2022, dengan rentang waktu 51 tahun. Data yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari BMKG Stasiun Geofisika Kelas I Deli Serdang dan juga menggunakan data katalog IRIS (*Incorporated Research Institutions for Seismology*). Data yang diperoleh berupa *longitude, latitude, year, month, day, magnitude, depth, hour, min*. Gabungan dari kedua sumber data gempa bumi yang didapat sebanyak 226 event gempa di wilayah Tarutung dan sekitarnya. Pengolahan data penelitian ini menggunakan *software* Z-MAP ver6, USGS-PSHA

Analisis Data

Analisis seismic hazard ini menggunakan metode PSHA dengan melalui beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data gempa dari BMKG dan katalog IRIS, konversi skala magnitudo, pemisahan gempa utama (*declustering*), mengidentifikasi serta melakukan pemodelan sumber gempa, menentukan parameter b value dan a value, menentukan fungsi atenuasi, dan melakukan analisis seismic hazard berdasarkan teori probabilitas total dengan menggunakan software USGS-PSHA, kemudian membandingkan hasil penelitian dengan PuSGen 2017. Analisa data dapat dilihat pada Gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemisahan Gempa Utama (*Declustering*)

Sebelum dilakukan pengolahan kedalam PSHA langkah yang pertama dilakukan yaitu proses *declustering* dengan tujuan untuk menghilangkan gempa *foreshock* dan *aftershok* sehingga diperoleh data gempa utama. Data gempa wilayah Tarutung dan sekitarnya yang dikumpulkan dari dua sumber katalog berjumlah 226 *event* gempa bumi. Proses *declustering* dilakukan menggunakan *software* zmap, dengan memasukkan data yang disesuaikan dengan format *Z-map* yaitu, *Long, Lat, Year, Month, Date, Magnitude, Depth, Min, Second*.

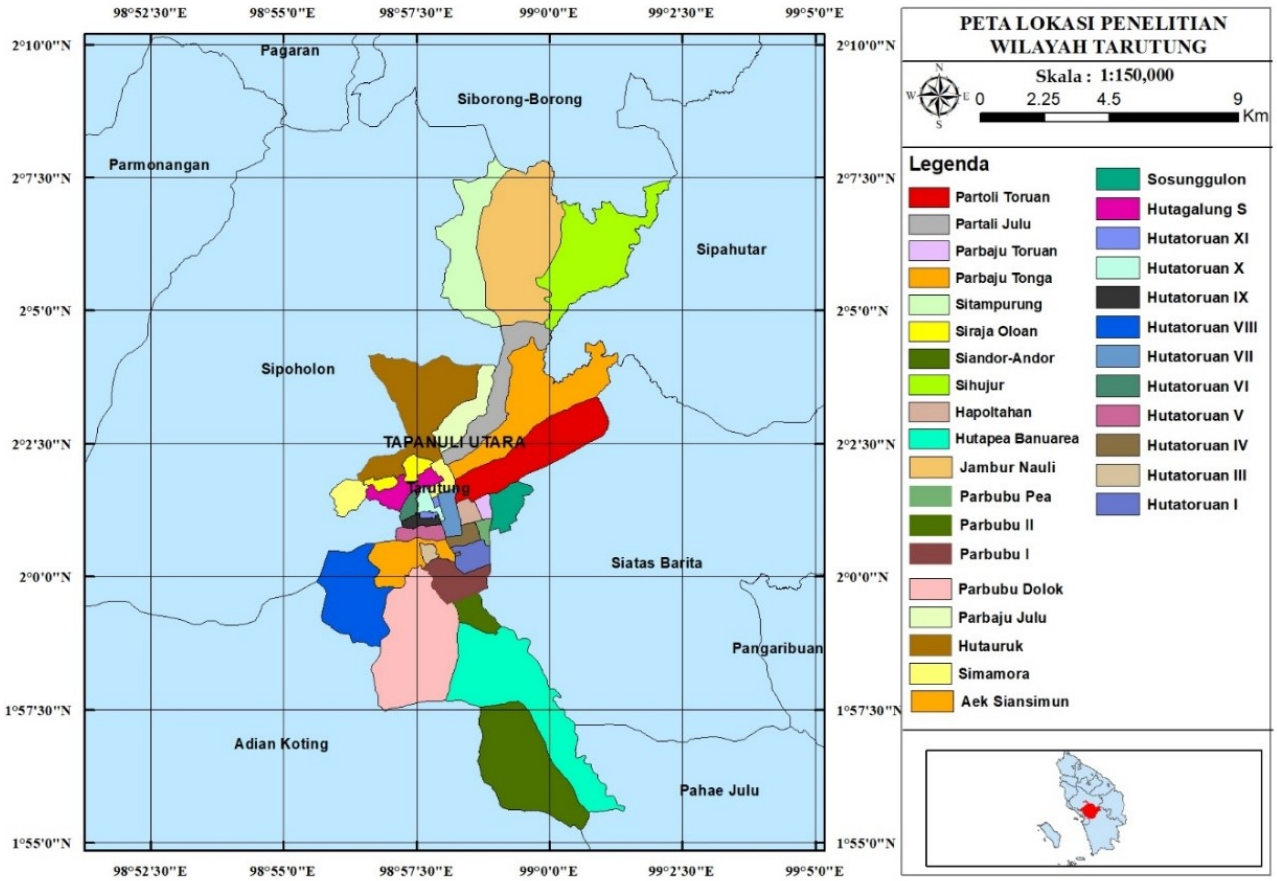
Tabel 1 Data sebelum *declustering* dan sesudah *declustering*

No	Sebelum *Declustering*	Sesudah *Declustering*	Magnitudo
1	226 Event Gempa bumi	105 event Gempa bumi	4.3–6.4 Mw

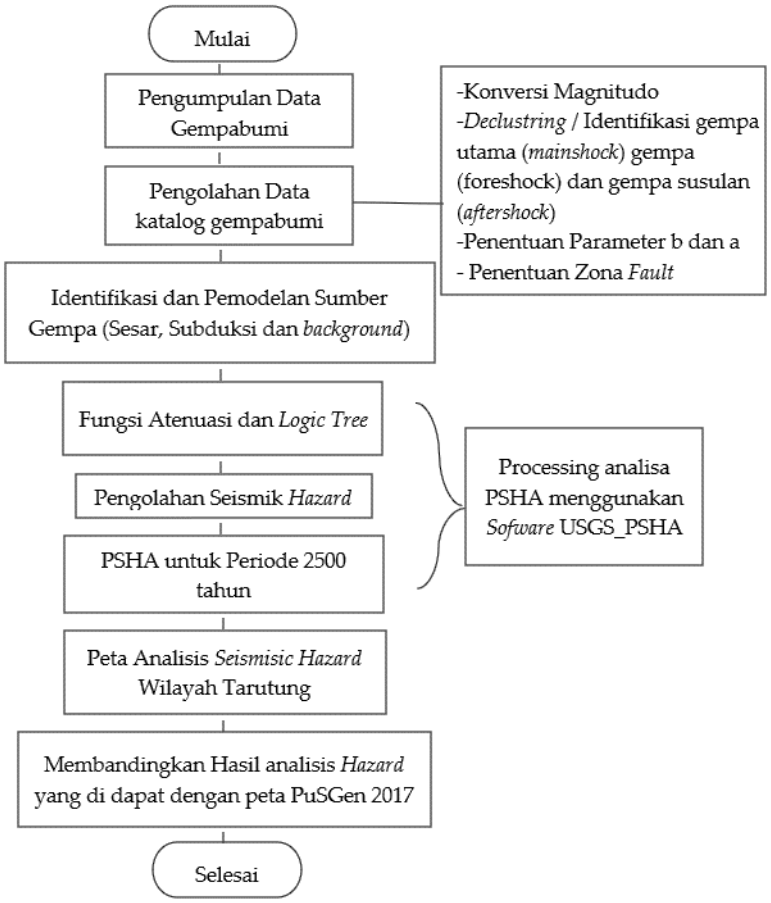
Berdasarkan hasil analisis setelah *declustering*, diperoleh data gempa utama sebanyak 105 *event* gempa dengan magnitudo minimum 4.3 dan magnitudo maksimum sebesar 6.4 Mw. Setelah di dapat hasil *declustering* atau gempa utama, kemudian data dipisah menjadi empat kelompok berdasarkan kedalaman, yaitu *shallow background source* dengan kedalaman (0–50 km), *deep background* 1 (50–100 km), *deep* 2 (100–150 km), dan *deep* 3 (150–200 km).

Penentuan parameter b *value* dan a *value*

Penentuan nilai b *value* pada penelitian ini dilakukan setelah pengolahan *declustering*. Penentuan parameter ini ini dilakukan untuk menujukkan tingkat kerapuhan dan juga menggambarkan kondisi batuan ketika mengalami tegangan (*stress*) pada suatu daerah yang mengalami gempa bumi. Hasil analisis penelitian didapat nilai b *value* berkisar 0,936–1,22. Kedalaman *Shallow* (0–50 km) data yang di input sebanyak 29 data, hasil analisis b *value* yang di peroleh sebesar 0,936. *Deep* 1 (50–100 km) dengan inputan data sebanyak 29, diperoleh hasil analisis b *value* 1,15. *Deep* 2 (100–150 km) dengan 27 inputan data yang digunakan, memperoleh hasil analisis nilai b *value* sebesar 1,22. Dan untuk *deep* 3 menggunakan 21 data yang di *input* dan memperoleh hasil analisis b *value* sebesar 1,22. Nilai b *value* yang tergolong rendah terjadi



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian Wilayah Tarutung dan Sekitarnya



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

karena tingkat *stress* yang tinggi sehingga berpeluang untuk terjadinya gempa dengan kekuatan yang besar dan berpotensi merusak. Namun sebaliknya, jika nilai b *value* yang diperoleh tinggi, maka akan mengalami tingkat *stress* yang rendah (telah terjadi gempa bumi dengan kekuatan yang besar) (Alabi et al, 2013).

Nilai a *value* digunakan untuk menentukan tingkat keaktifan seismik pada suatu daerah yang mengalami peristiwa gempa bumi. Tingkat keaktifan seismik ini terjadi karena pengaruh terhadap tingkat kerapuhan batuan. Hasil penelitian ini didapat nilai a *value* berkisar 5,23–6,93. nilai a *value* untuk kedalaman *shallow* sebesar 5,77, dengan data inputan yang digunakan sebanyak 29 data. *Deep* 1 dengan data inputan sebanyak 29 data, hasil analisis a *value* yang diperoleh sebesar 6,72. *Deep* 2 memperoleh hasil analisis a *value* sebesar 6,93 dengan data inputan sebanyak 27 data. Dan untuk *deep* 3 dengan menggunakan 21 inputan data diperoleh hasil analisis a *value* sebesar 5,23 Dengan bertambah tinggi nilai a *value* pada satu kedalaman, maka daerah tersebut akan sering mengalami gempa bumi, sedangkan pada kedalaman yang mendapatkan nilai a *value* yang rendah, maka pada daerah yang mengalami gempa bumi dengan kedalaman tersebut jarang terjadinya gempa bumi.

Secara matematis MC (*Magnitude Completeness*) merupakan magnitudo terendah yang memenuhi persamaan Guttenberg-Richter. Sementara secara fisis nilai MC adalah magnitudo terendah dimana 100% data gempa yang terjadi pada suatu daerah dengan periode tertentu telah terdeteksi dan tercatat sempurna oleh stasiun pencatat gempa.

Penentuan Sumber Gempa *Fault*

Setelah dilakukan penentuan parameter b *value* dan a *value* kemudian dilakukan penentuan sumber gempa *fault.* Penentuan sumber gempa *fault* ini dilakukan dengan melihat *longitude* dan *latitude fault* yang sudah di tentukan oleh PuSGen 2017. Ketika sudah ditentukan sumber gempa *faul*t sesuai dengan acuan yang sudah ditetapkan, maka terbukti bahwa penyebab sering terjadinya gempa bumi diwilayah Tarutung dan sekitarnya dilintasi oleh sesar Renun dan Toru.

Berdasarkan informasi BMKG pada tahun 2022, wilayah Tarutung mengalami pertemuan antara Segmen Renun sejauh 220 km dengan kekuatan gempa M 7.8 dan Segmen Toru yang membujur ke Selatan sejauh 95 km dengan kekuatan maksimum gempa M 7.4. Segmen Renun berada di sekitar lembah Tarutung memiliki panjang sekitar 220 km, segmen ini merupakan segmen terpanjang pada sesar Sumatera (Sieh dan Natawidjaja, (2000). McCaferry dkk (2000) menjelaskan bahwa segmen Renun memiliki laju slip geologi mencapai 25± 2 mm/ tahun. Sedangkan Genrich dkk (2000) menjelaskan bahwa laju slip untuk segment Renun sekitar 24±1 mm/tahun. Ketika melakukan penentuan parameter ini maka akan menunjukkan bahwa gempa bumi yang terjadi memiliki mekanisme pergerakan geser (*strike-slip*).

Strike-slip adalah retakan yang terjadi pada batuan yang arah patahannya mendatar. Data yang di input kedalam USGS-PSHA untuk parameter sumber gempa *fault* berupa *strike slip*, *dip*, panjang dan lebar *fault.* Inputan ini dapat dilihat dari sumber PuSGen 2017.

Probabilistic Seismic Hazard Analysis

Hasil penelitian berupa nilai percepatan respon spektral maksimum pada tanah atau nilai PGA dan percepatan periode pendek T = 0,2 s dan periode panjang T = 1 detik di batuan dasar. Kondisi spektra T = 0,2 detik dan T = 1 detik yang dimaksud yaitu ketika terjadinya gempa bumi maka batuan akan megalami pergesaran. Kemudian jika batuan tersebut bergeser pada waktu 0,2 detik dan 1 detik maka akan menghasilkan nilai kecepatan yang berubah. Perubahan kecepatan maka akan menimbulkan nilai percepatan. Analisis resiko terlampaui 2% dalam 50 tahun atau periode yang setara dengan perulangan gempa 2.475 tahun (Sunardi, 2013). Periode ulang 2.500 tahun bukan berarti bahwa gempa akan terjadi 2.500 tahun sekali. Periode ulang ini digunakan untuk lebih mudah menjelaskan bahwa kemungkinan tahunan (*Annual*

probability) adalah sebesar 1/500 = 0,002, artinya ada kemungkinan 0,2% terjadi gempa dalam setahun. (SNI 1726 2012).

PPTI-UG telah menetapkan aturan terbaru terkait bangunan skala Internasional. Dimana ketika ingin membuat struktur batuan untuk bangunan yang tahan gempa dengan melihat acuan pada peta *hazard* gempa (PuSGen 2017) dibatuan dasar sebesar 2% selama masa guna bangunan 50 tahun atau setara dengan periode ulang gempa 2.475 tahun. Analisis penelitian ini berfokus pada Wilayah Tarutung dan sekitar. Nilai PGA dan spektrum akselerasi menggunakan satuan "g". (gravitasi) atau 1 g = 102 m/s. (Kirbani et al.2006).

Kondisi spektra T = 0.2 s dan T = 1 s yang dimaksud yaitu ketika terjadinya gempa bumi maka batuan akan megalami pergesaran. Kemudian jika batuan tersebut bergeser pada waktu 0.2 detik dan 1 detik maka akan menghasilkan nilai kecepatan yang berubah. Perubahan kecepatan akan menimbulkan nilai percepatan. Maka didapatlah nilai percepatan tanah maksimum pada penelitian ini dalam nilai SA (*spektral acceleration*).

Percepatan Tanah Maksimum (PGA)

PGA digunakan untuk mendeteksi tingkat kerusakan tanah akibat adanya guncangan gempa yang terjadi di atas permukaan bumi. Hasil penelitian ini didapat nilai percepatan tanah maksimum (PGA) untuk wilayah Tarutung dan sekitarnya berkisar 0.3–0.9 g.

Gambar 4 menunjukkan nilai PGA (T = 0 s) untuk 2% *PE* 50 tahun. Kecamatan Parmonangan, Kecamatan Adian Konting, Kecamatan Pangaribuan, Kecamatan Sipahutar, Kecamatan Garoga, Kecamatan Muara, dan Kecamatan Siborong-borong memperoleh nilai PGA berkisar 0.3–0.6 g dengan tingkat resiko kerusakan ringan (bangian struktur bangunan mengalami kerusakan ringan seperti atap bergeser dan kaca jendela yang bergetar). Kecamatan Pagaran, Kecamatan Purba Tua, Kecamatan Sipoholon, Kecamatan Tarutung, Kecamatan Siatas Barita dan Kecamatan Pahae Julu mendapatkan nilai PGA sebesar 0.6 g – 0.7 g dengan tingkat resiko kerusakan sedang (terjadi retakan pada dinding bangunan sederhana, kaca rumah pecah, bahkan plaster dinding rumah yang terlepas). Sedangkan untuk Kecamatan Pahae Jae, dan Kecamatan Simangumban memiliki nilai PGA yang paling tinggi dibandingkan dengan kecamatan yang lain, dengan tingkat resiko kerusakan berat (struktur bangunan yang permanen pada roboh atau hancur dan jalanan mengalami keretakan). Hal ini disebabkan karena wilayah Kecamatan Pahae Jae dan Kecamatan Simangumban paling dekat dengan sumber segmen sesar Renun dan Toru.

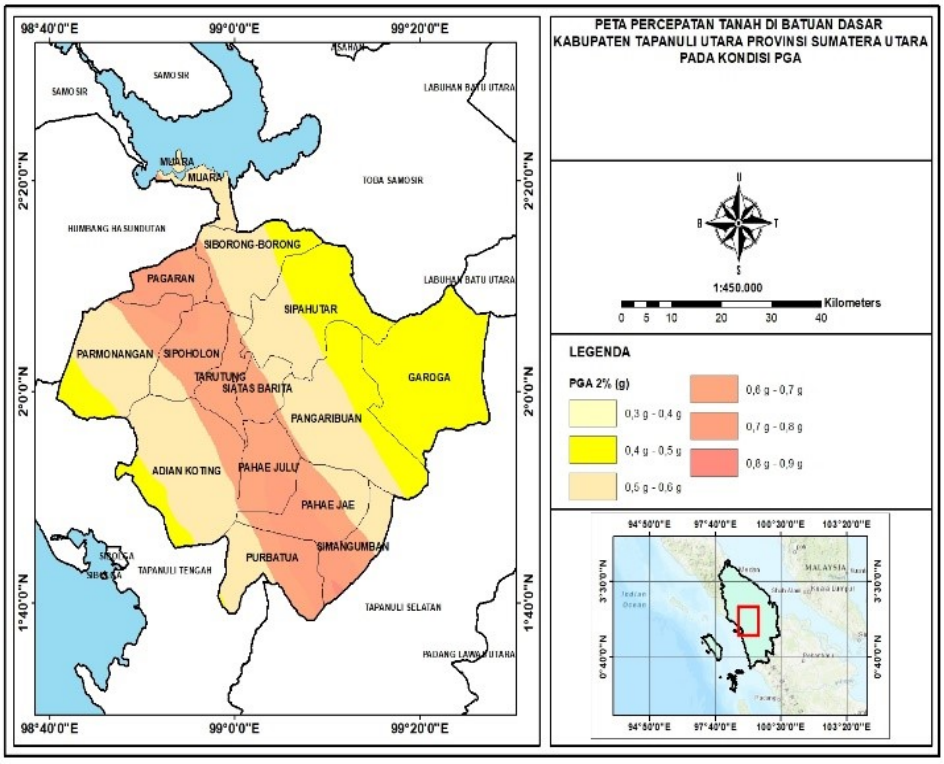
Percepatan Tanah Maksimum Kondisi Spektra T = 0.2 detik.

Gambar 5 memperlihatkan hasil penelitian pada kondisi spektra T = 0.2 s, untuk 2% *PE* 50 Tahun yang menunjukkan rentang nilai percepatan tanah maksimum berkisar 0.4–0.9 g. Pada Kecamatan Parmonangan, Kecamatan Adian Konting, Kecamatan Pangaribuan, Kecamatan Garoga, Kecamatan Sipahutar, dan Kecamatan muara memperoleh nilai T = 0.2 detik sebesar 0.3–0.6 g. Kecamatan Tarutung, Kecamatan Pahae Jalu, Kecamatan Pahae Jae, Kecamatan Sipoholon, Kecamatan Pangaran, Kecamatan Siatas Barita memperoleh nilai 0.6–0.8 g. Pada Kecamatan Simangumban memiliki nilai spektra T = 0.2 s paling tinggi yaitu sebesar 0.8–0.9 g. Hal ini akan mengakibatkan resiko terhadap terjadinya gempa yang lebih besar pada Kecamatan tersebut. Untuk mendapatkan nilai percepatan tanah di batuan dasar T = 0.2 s pada penelitian ini dilakukan perhitungan dengan menggunakan sumber gempa sesar.

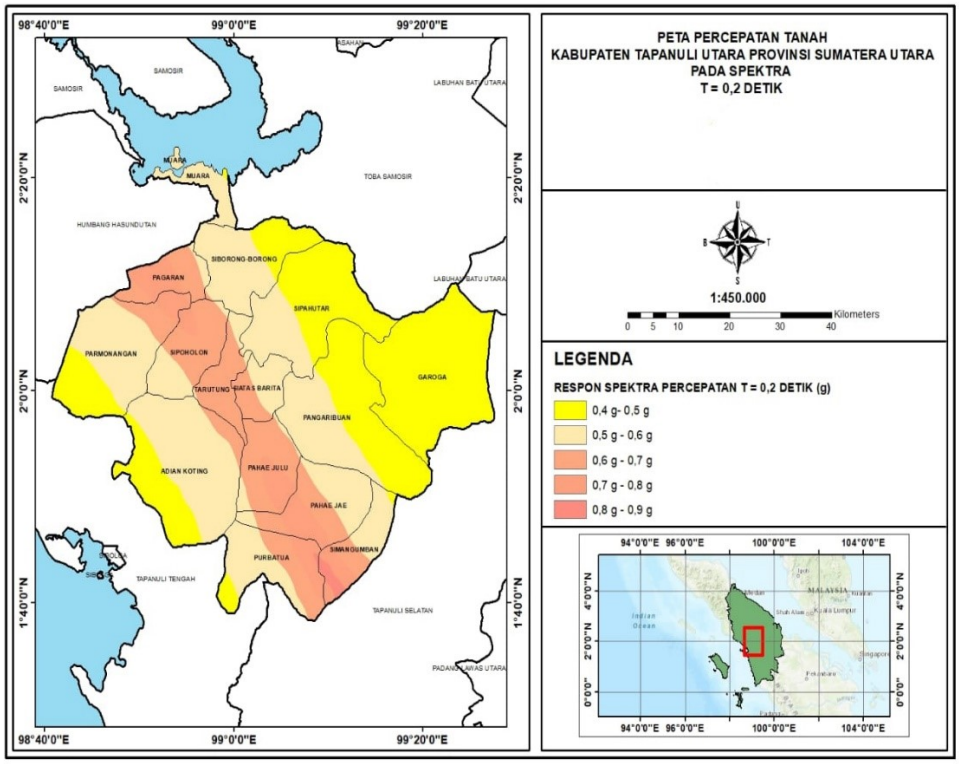
Percepatan Tanah Maksimum Kondisi Spektra T = 1 detik.

Hasil penelitian pada analisis percepatan tanah di batuan dasar untuk kondisi spektra T=1 s untuk 2% *PE* 50 tahun dapat dilihat pada Gambar 6 yang menunjukkan nilai rentang percepatan tanah berkisar antara 1–1,2 g. Terlihat jelas kenaikan nilai percepatan tanah respon spektra T = 1 s di wilayah Tarutung dan sekitarnya dengan hasil PGA dan T = 0.2 detik,

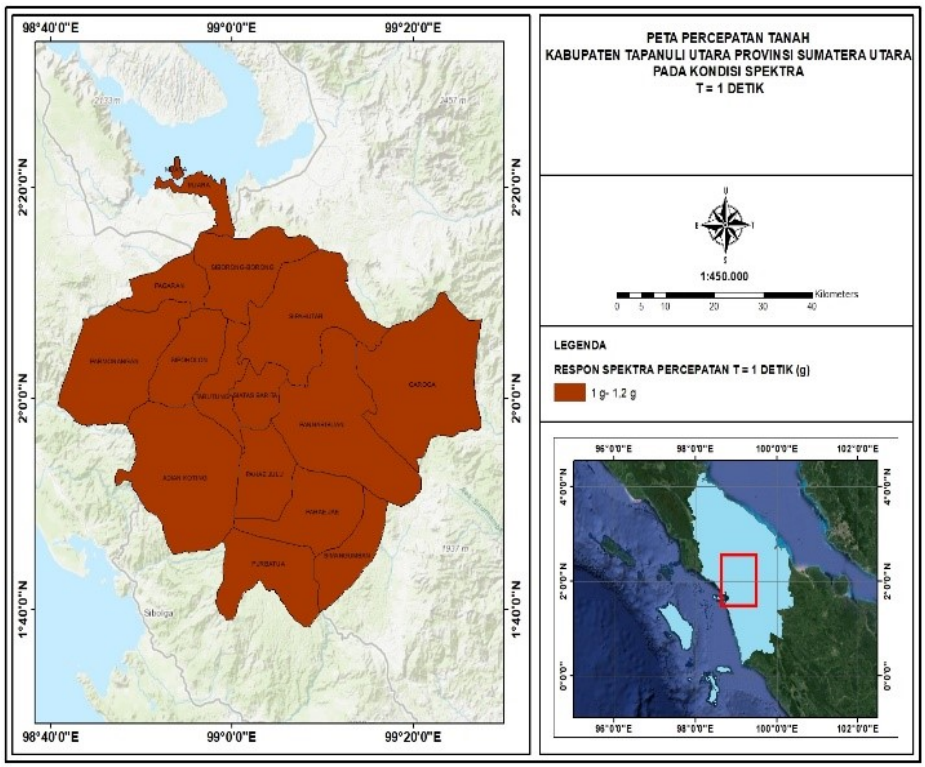
hal ini dikarenakan Kecamatan Tarutung, Kecamatan Pahae Jae, Kecamatan Simangumban, Kecamatan Pahae Julu, Kecamatan Purba Tua, Kecamatan Adian Konting, Kecamatan Pangaribuan, Kecamatan Siatas Barita, Kecamatan Parmonangan, Kecamatan Pangaran, Kecamatan Siborong-Borong, Kecamatan Sipahutar dan Kecamatan Muara dekat dengan sumber gempa Sesar Renun dan Toru, sehingga nilai percepatan ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai PGA.



Gambar 4. Percepatan Tanah Maksimum Kondisi spektra T = 0 detik



Gambar 5. Percepatan Tanah Maksimum Kondisi spektra T = 0.2 detik



Gambar 6. Percepatan Tanah Maksimum Kondisi spektra T = 1 detik

Menurut badan geologi, **k**ondisi morfologi wilayah Tarutung terletak di sekitar pusat gempa bumi yang membentuk perbukitan bergelombang, perbukitan terjal hingga lembah. Secara umum Wilayah ini tersusun oleh batuan berumur Pra Tersier dan berumur Tersier, serta endapan Kuarter. Sebagian batuan berumur Pra Tersier dan Tersier tersebut telah mengalami pelapukan. Endapan Kuarter, batuan berumur Pra Tersier dan Tersier yang telah mengalami pelapukan bersifat lunak dan memperkuat efek guncangan. Selain itu pada morfologi perbukitan bergelombang hingga terjal tersusun oleh batuan yang telah mengalami pelapukan sehingga berpotensi terjadinya gerakan tanah yang dapat disebabkan oleh guncangan gempa bumi yang yang berkekuatan besar dan curah hujan tinggi. Dengan melihat nilai PGA pada hasil penelitian, bahwa kondisi morfologi wilayah ini sesuai. Sehingga wilayah Tartung lebih rawan terhadap kejadian gempa bumi (Badan geologi, 2012).

Dari ketiga hasil perhitungan diatas bahwa analisis nilai PGA, kondisi spektra T=0.2 s dan T=1 s yang di dapat pada penelitian

Tabel 2 Perbandingan sumber sesar yang digunakan pada Pusgen 2017 dan sumber sesar pada penelitian

No	Jenis Sumber Gempa Pada PuSGen 2017	Jenis Sumber Gempa Pada Penelitian
1	Aceh Andaman	Renun A
2	Nias Simelue	Renun B
3	Renun B	Renun C
4	Renun C	Toru
5	Toru	
6	Angkola	
7	Barumun	
8	Tripa 1	
9	Tripa 2	
10	Tripa 3	
11	Sumpur	
12	Sianok	
13	Sumani	
14	Suliti	
15	Siulak	
16	Dikit	
17	Ketaun	
18	Musi	
19	Kumering-*North*	
20	Kumering-*West*	
21	Semangko *east*-A	
22	Semangko *west*-A	
23	Semangko *east*-B	

jika dibandingkan dengan peta PuSGen 2017 terdapat perbedaan pada nilai *hazard*. Pada PuSGen 2017 nilai *hazard* lwbih tinggi dibandingkan hasil penelitian, dikarenakan penggunaan jenis sumber gempa *fault*, dan parameter sesar yang digunakan berbeda. dapat dilihat pada Tabel 2. Selain itu, pada penelitian hanya menggunakan 2 data katalog gempa yang diperoleh dari BMKG Stasiun Geofisika Kelas I Deli Serdang dan data katalog gempa IRIS, dengan rentang tahun yang digunakan pada penelitian hanya menggunakan 51 tahun, sedangkan pada Peta PuSGen 2017 menggunakan data gabungan dari BMKG, IRIS, USGS, ISC dan mengunakan rentang 116 tahun, yaitu dari tahun 1900-2016, sehingga hasil analisis *hazard* yang didapat berbeda.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan pada wilayah Tarutung dan sekitanya menggunakan metode PSHA dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut: Nilai percepatan tanah maksimum (PGA) dengan probabilitas terlampaui 2% PE 50 tahun atau periode ulang 2.500 tahun pada Kecamatan Tarutung dan sekitarnya diperoleh rentang nilai percepatan 0,3–0,9 g. Pada Kecamatan Garoga, Kecamatan Sipahutar, Kecamatan Siborong-borong, Kecamatan Muara, Kecamatan Adian Konting, dan Kecamatan Purbatua diperoleh nilai PGA 0,3–0,6 g. untuk Kecamatan Tarutung, Kecamatan Pangadaran, Kecamatan Sipoholon, Kecamatan Siatas Barita, dan Kecamatan Pahae julu, diperoleh nilai PGA 0,6–0,7 g, sedangkan untuk Kecamatan Pahae Jae dan Kecamatan Simangumban diperoleh nilai PGA 0,7–0,9 g.

Untuk periode pendek T=0,2 untuk 2% *PE* 50 tahun di peroleh rentang nilai 0,4–0,9 g. Di Kecamatan Parmonangan, Kecamatan Purbatua, Kecamatan Adian Konting, Kecamatan Muara, Kecamatan Garoga, Kecamatan Pangaribuan, Kecamatan Siborong Borong diperoleh nilai percepatan 0,4–0,6 g. Kecamatan Tarutung, Kecamatan Pangadaran, Kecamatan Sipoholon, Kecamatan Siatas Barita, Kecamatan Pahae Julu, Kecamatan Pangadaran, Kecamatan Sipoholon, diperoleh nilai percepatan 0,6–0,7 g. Kecamatan Simangumban memiliki nilai percepatan paling tinggi 0,8–0,9 g. Dan untuk Periode panjang T=1 s untuk 2% *PE* 50 tahun diperoleh nilai 1–1,2 g untuk wilayah Kecamatan Tarutung dan Sekitarnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pihak BMKG Stasiun Geofisika Kelas I Deli Serdang yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di BMKG, serta seluruh pihak yang telah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abdillah. (2010). Analisis Keaktifan Dan Resiko Gempa Bumi Pada Zona Subduksi Daerah Pulau Sumatera Dan Sekitarnya Dengan Metode Least Square. In Skripsi. Pp. 1–69

Alabi, A.A., Akinyen, O.D., Adewale, A. 2013. Seismicity Pattern in Southern Africa From 1986 to 2009. Journal Canadian Center of Science and Education. 2 (2), 1-6. https://doi.org/10.5539/esr.v2n2p1

Asna. (2017). Pemetaan Daerah Rawan Bencana Gempa bumi di Wilayah Sulawesi Tenggara Berdasarkan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Dengan Menggunakan Metode Mc.Guirre R.K. In Skripsi UIN Allauddin Makasar. Pp 1-58.

Brotopuspito, K, Prasetya, T & Widigdo, F. (2006). Perecepatan Getaran Tanah Maksimum Daerah Istimewa Yogyakarta 1943 – 2006. Jurnal Geofisika. 7 (1). 19-22.

BSN. 2012. SNI-1726-2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

Chandler, A.M., & Mendis, P.A. (2000). Performance of reinforced concrete frames using force and displacement based seismic assesment method. Journal Engineering Structures. 22 (4).

352-363. http://dx.doi.org/10.1016/S0141-0296(98)00119-9.

Gustin, Arif. (2009). Analisa Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Pulau Sumatera Dan Sekitarnya Dengan Metode Mc.Guire R.K. In Skripsi. Akademi Meteorologi Dan Geofisika.

Medchar, M.S., & Kennedy, D.J.L. (2000). Displacement-based seismic design of buildings-theory. Journal Engineering Structures. 2 (3). 201-209. http://dx.doi.org/10.1016/S0141-0296(98)00092-3.

Nugraha, Jimmy, Guntur Pasau, Bambang Sunardi, Sri Widiyantoro, 2014. Analisis Hazard Gempa dan Isoseismal untuk Wilayah Jawa-Bali-NTB. Jurnal Meteorologi dan Geofisika. 15 (1). 1-11. http://doi.org/10.31172/jmg.v15i1.168.

Pasau, Guntur, And Adey Tanauma. (2015). Analisis Resiko Gempa Bumi Wilayah Lengan Utara Sulawesi Menggunakan Data Hiposenter Resolusi Tinggi Sebagai Upaya Mitigasi Bencana. Jurnal Fisika Dan Aplikasinya. 16 (3). 6–10

PuSGen. 2017. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia. Bandung: Pusat Studi Gempa nasional.

Rupana & Mara Bangun Harahap. (2018). Daerah Rawan Akibat Gempa Bumi Kabupaten Karo Berdasarkan Percepatan Tanah Maksimum Dengan Metode MCGuire R.K. Jurnal Einstein. 6 (1) 2407-747.

Sieh, K & Natawidjaja, D. (2000). Neotectonics of the Sumatran fault, Indonesia. Journal of Geophysical Research. 105 (B12).28,295-28,236. http://doi.org/10.1029/2000JB900120

Simanjuntak, A.V.H, and Olymphia, O., 2017. Perbandingan Energi Gempa Bumi Utama dan Sususlan (Studi Kasus: Gempa Subduksi Pulau Sumatera dan Jawa). *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 14 (1), 19-26. http://dx.doi.org/10.20527/flux.v14i1.3776.

Sunardi, Bambang. (2015). Percepatan Tanah Sintetis Kota Yogyakarta Berdasarkan Deagregasi Bahaya Gempa. Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi. 6 (3) 211–228. ISSN: 2086-7794.

Supendi, Pepen, dkk. (2022). Analisis Gempabumi Tarutung (Sumatera Utara) Mw 5.8 Tanggal 1 Oktober 2022. Jurnal Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).

Toban, Eunike Else. (2017). Studi Percepatan Tanah Maksimum Menggunakan Metode Probabilistic Seismic Hazard Analysis (Psha) Di Kabupaten Bone Sulawesi Selatan. In Skripsi. Pp. 1–78

Windiyanti, Agnes Cahaya, dkk. (2019). Analisis Zona Rawan Gempa bumi Daerah Lampung Berdasarkan Nilai Percepatan Tanah Maksimum (Pga) Dan Data *Accelererograph* Tahun 2008-2017. Jurnal Geofisika Eksplorasi. 3 (2). 17-27