

## Identifikasi Tingkat Getaran Gempa Di Kabupaten Sigi Berdasarkan Skenario Shakemap Mw 6,9 Sesar Palu Koro

(Identification of Earthquake Shake Levels in Sigi Regency Based on Mw 6,9 Shakemap Scenario by Palu Koro Fault)

H. Leopatty<sup>1)</sup>, M. N. Rande<sup>1)</sup>, Rustan Efendi<sup>2\*)</sup>, I. F. Asyhar<sup>1)</sup> dan M. Cholidani<sup>1)</sup>

1) Stasiun Geofisika Palu – BMKG

2) Universitas Tadulako

### Info

#### Article history:

Received: 14 July 2021

Accepted: 30 December 2021

Published: 31 December 2021

### Abstrak.

Kabupaten Sigi merupakan wilayah aktif gempabumi, utamanya bersumber pada aktivitas Sesar Palu Koro. Berdasarkan kejadian gempabumi PASIGALA 28 September 2018 dengan magnitudo 7,4 Mw, tingkat guncangan mencapai VII-VIII MMI di Sigi. Untuk mendukung pembuatan dokumen rencana kontijensi gempabumi di Kabupaten Sigi, digunakan sumber skenario gempa Mw 6,9 yang terjadi di segmen Saluki dengan koordinat 120,01<sup>o</sup> BT - 1,25<sup>o</sup> LS di kedalaman 11 km. Prakiraan tingkat guncangan secara umum di Kabupaten Sigi dapat mencapai VI-VIII MMI.

### Abstract.

*Sigi Regency is an active earthquake region, mainly sourced from the activity of the Palu Koro Fault. Refer to the "PASIGALA" earthquake M 7.4 Mw on September 28th, 2018 with ground shaking intensity reached VII-VIII MMI level in Sigi. As a support data and preparation of an earthquake contingency plan document in Sigi Regency, we proposed the source scenario of the Mw 6.9 earthquake that would be occurred in the Saluki segment with coordinates 120.010 East Longitude - 1,250 South Latitude, with 11 km depth of focus. In general, the estimated level of ground shaking intensity in Sigi Regency could be at VI-VIII MMI.*

### Kata kunci:

Gempabumi,  
Shakemap,  
Skala MMI

### Keywords:

Earthquake,  
Shakemap,  
MMI Scale

\*) e-mail: rstefendi67@gmail.com

DOI: 10.22487/gravitasi.v20i2.15552

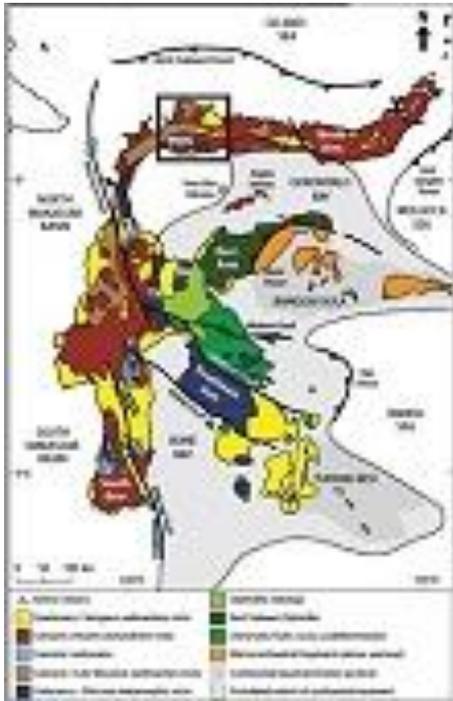
## 1. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal dengan negara yang memiliki tingkat seismisitas/kegempaan yang tinggi, hal ini disebabkan Indonesia berada di batas pertemuan antar lempeng yaitu lempeng samudera Pasifik, lempeng benua Eurasia dan Indo-Australia serta mikro lempeng Filipina yang sangat aktif bergerak (penulis). Aktivitas dari keempat lempeng tersebut memiliki sejarah dalam pembentukan pulau Sulawesi dan aktivitas kegempaan. Dari geodinamika tektonik, bidang patahan aktif gempa utama yaitu berada di jalur Subduksi Sulawesi dengan lokasi di bagian Utara sepanjang pesisir, patahan Palu Koro dan Matano. Tepatnya, terdapat sekitar 47 bidang patahan aktif di pulau ini [1]. Melihat dari sejarah kegempaan di Pulau Sulawesi, mendorong para ahli maupun masyarakat untuksadar akan pentingnya upaya pengurangan

resiko bencana gempabumi dengan cara "Hidup berkualitas ditanah goyang". Hal tersebut dilakukan melalui edukasi hasil identifikasi dan analisa pemetaan: peta risiko gempabumi Sulawesi Tengah. Hasil identifikasi tersebut menjadi salah satu poin penting dalam upaya mitigasi dan adaptasi sertadorongan agar dari sisi legalitas hadir sebuah payung hukum di wilayah administrasi pemerintahan, yaitu sebuah dokumen yang dikenal sebagai dokumen rencana kontijensi gempabumi, yang kemudian dapat dievaluasi serta disahkan dan dapat diperbaharui secara berkala dalam kerangka ilmiah yang benar dan tepat.

Provinsi Sulawesi Tengah merupakan salah satu wilayah Indonesia dengan sejarah kegempaan yang sangat aktif. Hal ini disebabkan karena adanya proses pembentukan tatanan geodinamika tektonik Pulau Sulawesi dari pertemuan

beberapa lempeng yang sangat kompleks dimana bagian Selatan pulau relatif stabil. Berdasarkan kelompok besar mintakat batuan, Sulawesi terbagi menjadi tiga yaitu busur vulkanik-plutonik Barat Sulawesi, Lajur Metamorfik Tengah Sulawesi dan Blok Banggai Sula dan Tukang Besi. Berdasarkan tatanan geologi, disisi Utara didominasi oleh batuan gunung api, disisi Barat oleh batuan gunung api, metamorf dan sedimen dan disisi Timur, umumnya batuan metamorf dan ofiolit.



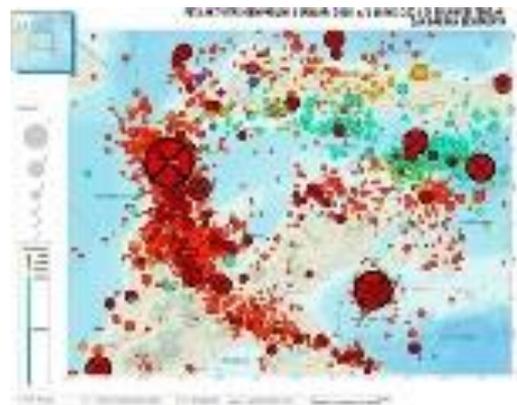
**Gambar 1.** Geo-tektonik Pulau Sulawesi[2]

Berdasarkan data GPS hasil penelitian tahun 2016, untuk pergerakan lempeng, maka diketahui kecepatan pergerakannya sangat variatif mulai dari 8 hingga 46 mm/tahun dengan arah gerak dominan ke Barat Laut hingga Utara (Gambar 2).



**Gambar 2.** Peta kecepatan lempeng di Sulawesi berdasarkan data GPS[3]

Terdapat 47 bidang patahan aktif pemicu gempa bumi tektonik yang ada di Sulawesi. Patahan Palu Koro terdiri dari 4 segmen dan patahan Matano terdiri dari 6 segmen, memiliki kecenderungan menghasilkan gempa merusak yang sangat luas efek guncangannya dipermukaan dengan proyeksi prakiraan kekuatan tidak melebihi magnitudo 8,0. Sedangkan sumber gempa di jalur subduksi Sulawesi memiliki potensi memicu aktivitas gempa megathrust dengan magnitudo hingga 8,0 [1]. Kegempaan utama di wilayah Sigi bersumber dari aktivitas patahan Palu Koro yang terdiri dari 4 segmen. Selain itu, terdapat Palolo Graben dan patahan aktif lainnya yang berada di luar batas administrasi pemerintahan Sigi. Sejarah gempa merusak yang melanda Kabupaten Sigi di atas tahun 2000-an ialah gempa bumi yang terjadi di tahun 2005, 2012, 2018 dan 2020 [4].



**Gambar 3.** Peta aktivitas gempabumi di Sulawesi Tengah dan sekitarnya dari tanggal 1 Januari 2018 hingga 18 Mei 2021

Dari Gambar 3, terlihat bahwa Kabupaten Sigi berada di atas sumber gempa aktif dengan tipe kedalaman dangkal (didominasi dengan kedalaman gempa berkisar antara 4 hingga 25 km [5]). Pemicu utamanya ialah aktivitas patahan Palu Koro dan Palolo Graben. Dalam hal ini bukan berarti masyarakat tidak dapat tinggal di Kabupaten Sigi, tetapi diharapkan mampu hidup beradaptasi di atas kondisi kegempaan yang aktif. Oleh karena itu, instansi pemerintah terkait dan masyarakat belajar bekerjasama lebih aktif dalam upaya mitigasi dan adaptasi dalam kerangka upaya pengurangan risiko gempa bumi, baik melalui kearifan lokal setempat maupun memanfaatkan kemajuan teknologi yang ada.



**Gambar 4.** Peta Gempabumi merusak dan Tsunami di Sulawesi[4]

Berdasarkan sejarah gempabumi merusak sejak tahun 2000-an hingga kini, maka telah terdapat 3 kali gempabumi dengan kekuatan Mw 5,8 hingga Mw 7,4. Dari sisi tingkat guncangan gempa disertai dampak kerusakan dan kerugian yang ditimbulkan di Kabupaten Sigi, selain kedelapan gempa tersebut, terdapat dampak gempa patahan Palu Koro tahun 1907, 1909, 1927, dan 1968, serta aktivitas gempa di patahan lainnya pada tahun 1998 dan 2017 (gambar 4).

Pada Tabel 1, tingkat kerusakan akibat gempa dipengaruhi oleh : besar kekuatan disumber gempa (M), kedalaman (H), jarak lokasi ke sumber gempa (D), faktor tapak lokal dan struktur bangunan. Secara garis besar faktor tapak lokal dapat menceritakan kecenderungan jenis tanah di permukaan seperti kelas batuan keras (A), batuan (B), batuan lunak dengan variasi tanah padat (C), tanah keras/kaku (D) dan tanah lunak (E) (Gambar 5). Selain itu, faktor amplifikasi atau penguatan gempa dapat terjadi lebih besar misal antara tanah jenis E daripada B. Contoh kasus sebuah gempa terjadi, namun di pegunungan sebelah Barat Sigi misal beramplifikasi dengan nilai X dan di wilayah lembah Sigi bisa jadi X+Y, dimana Y ≠ 0. Pengurangan resiko pada faktor kelima (struktur bangunan) dapat dilakukan melalui rekayasa struktur sesuai dengan standar kode bangunan aman/tahan gempa

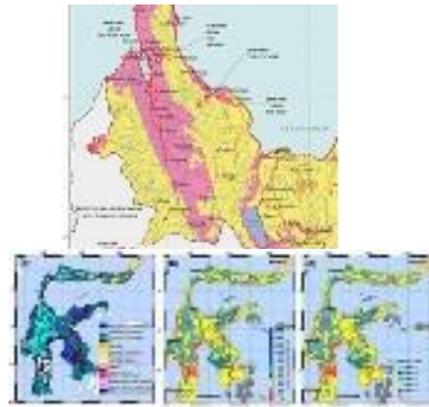
**Tabel 1.** Data kejadian gempabumi merusak di Kabupaten Sigi setelah Tahun 2000-an [4]

No	Tanggal	Waktu (WITA)	Lintang	Bujur	Magnitudo	Kedalaman	Keterangan	Dirasakan
1	24-Jan-2005	4:30:00	-1.030	119.990	6.2	11	di darat, 20 km arah tenggara Palu Prop. SULTENG	Dirasakan di Palu, Sigi, Donggala, dan Parigi Moutong V-VI MMI
2	18-Aug-2012	17:41:50	-1.300	120.040	6.2	10	di darat, 3 km arah utara Tomado Kab. Sigi Prop. SULTENG	Dirasakan di Sigi VI MMI, Palu dan Parigi Moutong V-VI MMI
3	28-Sep-2018	14:59:56	-0.350	119.820	5.9	10	di laut, 11 km arah BaratLaut Alindau Kab. Donggala Prop. SULTENG	Dirasakan di Donggala IV MMI, Palu III MMI, Poso II-III MMI
4	28-Sep-2018	18:02:43	-0.190	119.830	7.4	10	di darat, 3 Km arah TimurLaut Tompe Kab. Donggala Prop. SULTENG	Dirasakan di Donggala dan Palu VIII-IX MMI, Sigi VII-VIII MMI, Parigi, V-VIII MMI, Poso V MMI, Marowali, Kendari, Kolaka, Toraja, Palopo, Makassar II-III MMI
5	28-Sep-2018	18:14:21	0.040	119.830	5.8	14	di laut, 11 km arah BaratLaut Tambu Kab. Donggala Prop. SULTENG	Dirasakan di Donggala dan Palu V MMI
6	28-Sep-2018	18:16:51	-0.800	120.010	5.8	10	di laut, 12 km arah Barat Binangga Kab. Parigi Moutong Prop. SULTENG	Dirasakan di Palu, Sigi, Parigi Moutong V MMI, Donggala IV-V MMI
7	28-Sep-2018	18:25:05	-0.980	119.990	5.7	14	di darat, 8 km arah TimurLaut Bora Kab. Sigi Prop. SULTENG	Dirasakan di Palu dan Sigi V MMI, Parigi Moutong dan Donggala IV-V MMI
8	28-Mar-2020	23:43:17	-1.720	120.140	5.8	10	di darat, 46 Km Tenggara Sigi-SULTENG	Dirasakan di Poso, Piasangkaya IV MMI, Sigi, Sausu, Palopo, Masamba, Mamuju, Topoyo, Kalukku, Luwu Utara, Sanggata Kutai Timur III MMI

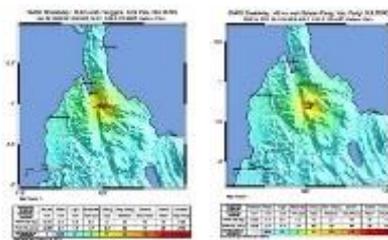
Dari Gambar 5, diketahui bahwa wilayah Sigi memiliki kemungkinan terdampak gempa dengan intensitas tingkat guncangan antar VI hingga IX MMI. Berdasarkan intensitas tingkat guncangan hasil pemodelan *shakemap* untuk gempabumi merusak tahun 2005 dan 2012, diperoleh informasi bahwa guncangan maksimum mencapai VI MMI dengan degradasi warna kekuningan dan umumnya IV MMI (Gambar 6). Secara geologis, degradasi warna berupa umumnya tersusun dari batuan berumur Kuartar berupa alluvium, endapan pantai dan rombakan gunungapi muda yang bersifat lepas dengan peluang teramplifikasi besar (Gambar 5).

Setelah kejadian gempabumi Mw7,4 tanggal 28 September 2018 terjadi, maka dampak yang ditimbulkan secara nyata terjadi di 4 kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Tengah, yaitu di Kota Palu, Kabupaten Sigi, Donggala dan Parigi Moutong. Kejadian tersebut dikenal sebagai Bencana Gempabumi Provinsi Sulawesi Tengah Tahun 2018.

Dampak gempabumi secara langsung ialah getaran sangat kuat dengan 3 model guncangan yang ditimbulkan, yaitu guncangan dari gelombang primer, sekunder dan permukaan. Selain itu, terjadi retakan/rekahan di permukaan, tsunami (akibat longsoran tebing di beberapa lokasi berbeda di pesisir Teluk Palu), likuifaksi, tanah longsor, kerusakan infrastruktur serta korban jiwa baik fisik maupun psikis.



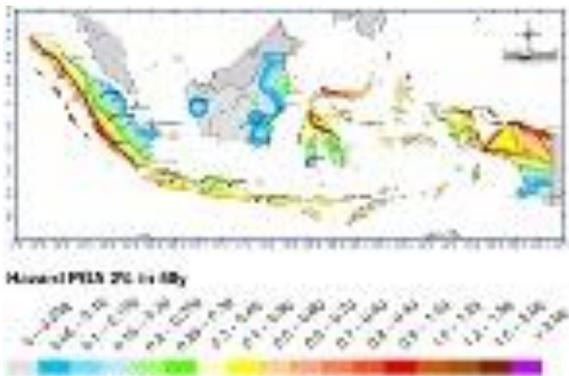
**Gambar 5.** peta rawan gempa oleh PVMBG tahun 2012 (atas), Peta geomorfologi, Vs30 dan klasifikasi tanah berdasarkan NEHRP's [6]



**Gambar 6.** Peta tingkat guncangan Gempabumi Merusak Sigi Tahun 2005 (kiri) dan 2012 (kanan)

Khusus kejadian likuifaksi di beberapa lokasi, berdasarkan hasil survei dan pengambilan datasampel di lapangan yang dilaksanakan oleh para peneliti, ditemukan bahwa terdapat jebakan air bawah permukaan yang sangat dangkal pada daerah yang mengalami likuifaksi (gambar 7), dengan temuan seperti adanya semburan kecil air yang diikuti material pasir, atau adanya bangunan yang amblas sebagian merupakan suatu fenomena yang sering dijumpai saat terjadi gempabumi yang besar dengan durasi yang lama. Posisi Gambar 8, masih merupakan prakiraan, dan apabila berada pada posisi di kemiringan lereng tertentu dan kemudian wilayah tersebut mengalami beban gempa beruntun, maka dapat terjadi likuifaksi masif, seperti kasus likuifaksi di Balaroa, Petobo, Jono Oge dan Sibalaya.

Berdasarkan data percepatan tanah maksimum akibat gempa Mw7,4[7] atau penelitian[8] dengan Mw7,5 (USGS) di permukaan, tingkat guncangan di Sigi umumnya berkisar VI-VIII MMI, dan percepatan spektra untuk periode 0,2 detik atau perlakuan beban gempa pada gedung 2 lantai berkisar VI-IX MMI. Sedangkan penelitian [9] berkisar diantara VII-VIII MMI dan hasil pemodelan[1] pada gambar 7, percepatan puncak di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui sebesar 2% dalam 50 tahun diprakirakan berdasarkan analisa dari sebaran gempa yang bersumber dari katalog gempa BMKG dan gempa pada sesar Palu Koro berada pada kisaran nilai 0,7-0,8 g atau setara IX MMI. Berdasarkan data Strong Motion Accelerometer yang terpasang di Bunker Alat Gempabumi BMKG Stasiun Geofisika Palu yang berjarak 80 km dari sumber episenter gempa Mw7,4, maka diperoleh nilai sebesar 0,34 g atau berkisar VII-VIII MMI[7]



**Gambar 7.** Peta percepatan puncak di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui sebesar 2% dalam 50 tahun[1]



**Gambar 8.** Gambar ilustrasi sederhana model pelapisan yang umumnya mengalami likuifaksi di Palu dan Sigi, khususnya pada endapan alluvium

Kontijensi ialah suatu kondisi yang diperkirakan akan terjadi, tetapi mungkin juga tidak akan terjadi. Oleh karena ada unsur ketidakpastian, maka diperlukan suatu perencanaan untuk mengurangi dampak yang mungkin terjadi. perencanaan kontijensi ialah proses perencanaan ke depan, dalam keadaan tidak menentu, dimana skenario dan tujuan disetujui, tindakan manajerial dan teknis ditentukan, dan sistem untuk menanggapi kejadian disusun agar dapat mencegah, atau mengatasi secara lebih baik keadaan atau situasi darurat yang dihadapi [10]

**2. BAHAN DAN METODE**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data skenario gempabumi yang diperkirakan dapat terjadi dalam skenario terburuk jika gempa merusak melanda kabupaten Sigi, berdasarkan referensi [1] magnitudo maksimum pada Sesar Palu Koro Segmen Saluki adalah sebesar M6,9 (Gambar 9). Adapun skenario episentrum gempa berdasarkan dua kejadian gempabumi merusak yang terjadi di tahun 2005 dan 2012 (Gambar 6), maka dipilih koordinat : 120,01<sup>0</sup> BT dan 1,25<sup>0</sup> LS pada kedalaman 11 km. waktu kejadian gempa disesuaikan dengan waktukegiatan rencana kontijensi, yaitu 8 Juni 2021.

Selanjutnya penulis menginput parameter tersebut pada aplikasi *Shakemap* BMKG untuk mendapatkan peta dampak tingkat guncangan “*Shakemap*” (Gambar 10). Untuk model pembanding dengan parameter gempa skenario Mw 6,9, digunakan persamaan empiris *ground-motion* menurut[11]:

$$\ln y = C1 + C2M + C3\ln[R+C4\exp(C5M)] + C6H + C7(Vs,30/1130)$$

dimana y dalam satuan g unit dan nilai koefisien C1= -5.60, C2 = 1.63, C3 = -1.70, C4 = 0.51552, C5 =

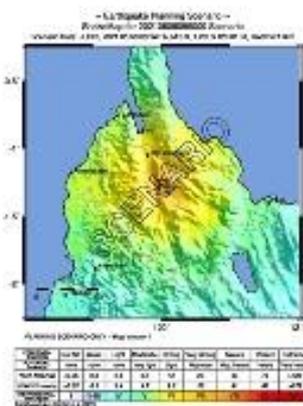
0.63255, C6 = 0.0075, C7 = -0.27 dan  $\sigma = 0.61$ .



**Gambar 9.** Peta sumber gempa Indonesia tahun 2017 C3. Wilayah Sulawesi[1]

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Setelah dilakukan penginputan dan pengolahan pada aplikasi *Shakemap* BMKG didapatkan hasil berupa peta tingkat guncangan gempabumi (Gambar 10).



**Gambar 10.** Peta Skenario dampak guncangan Gempabumi di Kabupaten Sigi dengan Skala MMI

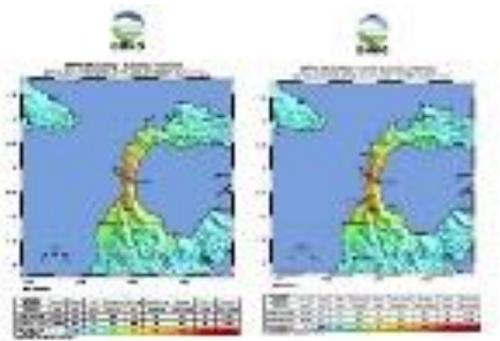
Jika parameter skenario gempa digunakan menggunakan persamaan menurut[11]. maka diperoleh data sebagai berikut:

**Tabel 2.** Data prakiraan tingkat guncangan skenario gempabumi Mw6,9, kedalaman 11 km di koordinat 120,01<sup>0</sup> BT - 1,25<sup>0</sup> LS menggunakan persamaan (1)

No.	Lokasi	Lintang	Bujur	Prakiraan Dampak Tingkat Guncangan	Jarak Sumber Gempa
1	Pakuli (Kab. Sigi)	-1.233432	119.944686	VII-VIII MMI	7 km arah timur Pakuli (Kab. Sigi)
2	Tomado (Kab. Sigi)	-1.330132	120.048912	VII-VIII MMI	10 km arah barat laut Tomado (Kab. Sigi)
3	Makmur (Kab. Sigi)	-1.141439	120.059967	VII-VIII MMI	13 km arah barat daya Makmur (Kab. Sigi)
4	Baluase (Kab. Sigi)	-1.198588	119.895679	VII MMI	14 km arah tenggara Baluase (Kab. Sigi)
5	Kamarora (Kab. Sigi)	-1.192500	120.132423	VII MMI	15 km arah barat daya Kamarora (Kab. Sigi)
6	Sibalaya (Kab. Sigi)	-1.144091	119.920990	VII MMI	15 km arah tenggara Sibalaya (Kab. Sigi)
7	Kulawi (Kab. Sigi)	-1.441667	119.986764	VII MMI	21 km arah utara Kulawi (Kab. Sigi)
8	Bora (Kab. Sigi)	-1.046208	119.947283	VII MMI	24 km arah selatan Bora (Kab. Sigi)
9	Kaleke (Kab. Sigi)	-1.033456	119.868432	VI-VII MMI	29 km arah tenggara Kaleke (Kab. Sigi)
10	Lawua (Kab. Sigi)	-1.611559	120.040957	VI-VII MMI	40 km arah utara Lawua (Kab. Sigi)
11	Dombu (Kab. Sigi)	-0.967148	119.779983	VI MMI	41 km arah tenggara Dombu (Kab. Sigi)
12	Banggaiba (Kab. Sigi)	-1.517849	119.739458	VI MMI	42 km arah timur laut Banggaiba (Kab. Sigi)
13	Peana (Kab. Sigi)	-1.767904	119.919066	V-VI MMI	58 km arah utara Peana (Kab. Sigi)

Berdasarkan *shakemap* “skenario” gempabumi pada gambar 10 dan Tabel 2, secara umum Kabupaten Sigi diperkirakan terdampak intensitas antara VI-VIII MMI yaitu kerusakan ringan pada bangunan berkonstruksi, kokoh, pada bangunan berkualitas buruk mengalami kerusakan sedang-besar/rubuh.

Peta dampak guncangan gempa 28 september 2018 yang dirilis oleh BMKG Jakarta pada tahun 2018, memberikan informasi dampak guncangan gempa Mw 7,4. Gambar 11 menunjukkan adanya perbedaan warna peta (kanan dan kiri) di wilayah Kota Palu dan sebagian daerah kabupaten Sigi. Sebelum adanya penambahan parameter berdasarkan laporan masyarakat, intensitas MMI dari gempa tersebut adalah VII-VIII MMI di kabupaten Donggala. Setelah adanya penambahan parameter laporan masyarakat dan survey lapangan BMKG, dilakukan penginputan dan pengolahan kembali dan di dapatkan hasil intensitas dampak tertinggi/terburuk adalah di Kota Palu dan sebagian wilayah kabupaten Sigi yaitu VIII – IX MMI. Dampak tersebut berupa kerusakan sedang-berat pada bangunan berkonstruksi kokoh, pergeseran fondasi, adanya rekahan dipermukaan tanah, longsor hingga likuifaksi.



**Gambar 11.** Peta dampak tingkat guncangan gempabumi Mw7,4 tanggal 28 September 2018 (kiri) dan berdasarkan penambahan laporan Masyarakat [7]

Kasus perbedaan hasil *shakemap* (Gambar 11) disebabkan sistem pengolahan pada aplikasi *Shakemap* tidak memasukkan kondisi lokal suatu wilayah, seperti kepadatan penduduk dan pembangunan serta kondisi tanah sekitar. Sehingga pada prinsipnya daerah yang lokasinya dekat dengan pusat gempa adalah daerah yang mengalami dampak terburuk dari kejadian gempabumi tersebut. hal ini juga bisa terjadi pada skenario gambar 10, karena adanya efek tapak lokal pada suatu wilayah. Efek tapak lokal pada masing-masing wilayah akibat gempabumi menjadi perhatian penting dalam pembangunan infrastruktur di suatu wilayah. Selain itu, penting adanya upaya pencegahan dan mitigasi, adaptasi hidup dan peningkatan kapasitas masyarakat dalam menghadapi gempabumi. Sehingga, Asas manfaat adanya dokumen rencana kontijensi gempabumi wajib ada di Kabupaten Sigi, dan dilakukan evaluasi dan pembaruan secara berkala. Kerjasama dan koordinasi lintas sektor ditingkatkan. Partisipatif dan tepati komitmen yang disepakati bersama. Bangun rantai peringatan

dini. Di sisi lain, berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia No. 31 Tahun 2009, BMKG bekerja 7 x 24 jam, respon positif informasi BMKG terkait Informasi Dini Gempabumi juga sangat diperlukan, guna meredam kepanikan masyarakat dan mencegah berita HOAX.

#### 4. KESIMPULAN

Dari pemodelan sumber gempa berdasarkan sejarah dan skenario yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Kabupaten Sigi merupakan wilayah dengan aktivitas gempabumi yang tinggi yang dipicu oleh aktivitas Sesar Palu Koro. Dampak kerusakan dari gempabumi 28 september 2018 pada kabupaten Sigi mencapai VII-VIII MMI. Skenario gempa untuk rencana kontijensi gempabumi Kabupaten Sigi ialah gempa di Sesar Palu Koro segmen Saluki. Skenario parameter gempa ialah dikoordinat  $120,01^{\circ}$  BT -  $1,25^{\circ}$  LS dengan kekuatan Mw6,9 di kedalaman 11 km. Prakiraan tingkat guncangan secara umum di Kabupaten Sigi dapat mencapai VI-VIII MMI.

#### REFERENSI

- [1] PuSGeN, *Kajian Gempa Palu Provinsi Sulawesi Tengah 28 September 2018 (M7.4)*. 2018.
- [2]. Advokaat E. L., d., *Miocene to Recent Extension in NW Sulawesi, Indonesia*. Journal of Asian Earth Sciences, 2017. 17.
- [3] Socquet A., d., *Microblock Rotations and Fault Coupling in SE Asia Triple Junction (Sulawesi, Indonesia) From GPS and Earthquake Slip Vector Data*. Journal of Geophysical Research, 2006. 111.
- [4] Palu, S.G.K.I., *Buletin Gempabumi dan Tsunami Sulawesi Tengah Tahun 2018*. 2019. Stasiun Geofisika Klas I Palu.
- [5] Ramdhan M., P., *Hypocenter Relocation Analysis of 7.5 Mw Palu and Its Aftershocks: A Preliminary Result*. Journal of Physics, 2019. Conference Series 1341 082009.
- [6.] Cipta, A., dkk, *A Probabilistic Seismic Hazard Assesment for Sulawesi, Indonesia*. The Geological Society of London. Special Publications, 2016. 441.
- [7] BMKG, P., *Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821-2018*. . BMKG Jakarta, 2019.
- [8] Geologi, B., *Dibalik Pesona Palu Bencana Melanda Geologi Menata*. Kementerian ESDM. Bandung. 2018, Bandung: Badan Geologi Bandung.
- [9] R, H.K., *Identifikasi Bahaya Gempabumi Dengan Metode Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) di Sulawesi Tengah dan Sekitarnya*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya. Malang, 2019.
- [10] Majene, B.B.K., *Rencana Kontijensi Menghadapi Ancaman Banjir Kabupaten Majene*. Majene, 2012.
- [11] Wang, Y. J., Lee, Y. T., Ma, K. F., & Wu, Y. C. (2016). New Attenuation Relationship for Peak Ground and Pseudo-Spectral Acceleration of Normal-Faulting Earthquakes in Offshore Northeast Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric & Oceanic Sciences*, 27(1).