



Minimum Iseisimal Distribution Based On Macroseismic Interpolation For Earthquake Disaster Mitigation in Palu City

Telly Kurniawan, Yusuf Hadi Perdana, Tio Azhar Prakoso Setiadi, Supriyanto Rohadi, Bambang Sunardi

Puslitbang BMKG, Jl. Angkasa 1 No. 2, Kemayoran, Jakarta, Indonesia

Article History:

Received 10 November 2018

Received in revised form 28 May 2019

Accepted 28 May 2019

Available online 28 June 2019

Keywords:

Iseisimal, interpolasi, makroseismik

Corresponding Author:

Telly Kurniawan

Email: tellykurniawan46@gmail.com

ABSTRACT. *Palu is the most damaged and many casualties as a result of the Palu-Donggala earthquake on September 28, 2018. This earthquake triggered a tsunami, liquefaction, and landslides which caused difficulties in determining a closest safe location for the temporary evacuation site in a location affected disaster. The aftershocks caused unrest of refugees and village government officials, because it was feared that the location to be used as a temporary evacuation site would run into the impact of an earthquake similar to other severe locations. To determine a safe location around the impact area, information about the map of the minimum isoseisimal distribution is very important. This study aim is to map the minimum isoseisimal distribution as the smallest disaster risk place in areas affected by the earthquake, tsunami, liquefaction, and landslides. In this study, we used geographical boundary and fault data, macroseismic data, satellite imagery and post-earthquake documentation data. We plotting and interpolate data from macroseismic surveys then were verified using satellite imagery and post-earthquake documentation of the survey. The results showed that a minimum isoseisimal distribution was found in 8 areas, located in the village Kabonena, Lere, Kamonji, Siranindi, between Boyaoge and Nunu, Tawanjuka, Palupi, and Tinggede.*

© Author(s) 2019. This is an open access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).

1. Pendahuluan

Bencana gempabumi Palu-Donggala pada tanggal 28 September 2018 telah memicu bencana lainnya yaitu longsor, tsunami dan likuifaksi di Sulawesi Tengah. Ada 4 kabupaten/kota yang terdampak langsung oleh bencana tersebut yaitu Kota Palu, Kabupaten Donggala, Kabupaten Sigi dan Kabupaten Parigi Moutong.

Dampak gempabumi dan bencana ikutannya hingga Minggu 21 Oktober 2018 pukul 13.00 WIB, tercatat 2.256 orang meninggal dunia dengan sebaran di Kota Palu 1.703 orang, Donggala 171 orang, Sigi 366 orang, Parigi Moutong 15 orang dan Pasangkayu 1 orang. Selain itu 1.309 orang hilang, 4.612 orang luka-luka dan 223.751 orang mengungsi di 122 titik. Data kerusakan bangunan dan infrastruktur yang hancur akibat bencana meliputi 68.451 unit rumah tinggal, 327 unit rumah ibadah, 265 unit sekolah, 78 unit perkantoran, 362 unit toko, 168 titik jalan retak, 7 unit jembatan rusak dan masih banyak kerusakan kecil lainnya (Sutopo, 2018).

Kerugian dan kerusakan di sektor permukiman adalah paling besar karena luas dan masifnya dampak bencana. Hampir sepanjang pantai di Teluk Palu bangunan menjadi rata dengan tanah. Kerusakan ini diakibatkan terjangan

tsunami dengan ketinggian antara 2,2 hingga 11,3 meter yang menghancurkan permukiman di wilayah tersebut. Begitu juga adanya subsidence (amblesan) dan pengangkatan permukiman di Balaroa. Likuifaksi yang menenggelamkan permukiman di Petobo, Jono Oge dan Sibalaya juga menyebabkan ribuan rumah hilang. Hasil pendataan Tim Rehabilitasi dan Rekonstruksi BNPB terhadap kerugian dan kerusakan akibat bencana berdasarkan sebaran wilayah menunjukkan nilai kerugian dan kerusakan yang terbesar adalah di Kota Palu yaitu mencapai 7,63 trilyun rupiah, Kabupaten Sigi 4,29 trilyun, Donggala 1,61 trilyun dan Parigi Moutong 393 milyar.

Bencana ini juga menyebabkan pengeluaran anggaran pembangunan Kota Palu menjadi sangat besar karena Kota Palu yang sudah lama dibangun menjadi hancur kemudian harus dilakukan periode rehabilitasi dan rekonstruksi pembangunan kembali Kota Palu dengan waktu yang cukup lama. Dengan kondisi ini, maka pemerintah pusat dan pemda harus bersinergi untuk pembangunan kembali kota Palu yang lebih baik dan aman sesuai prinsip "Build Back Better and Safer" (Sutopo, 2018).

Jumlah kerusakan dan korban jiwa yang paling besar di Kota Palu akibat gempabumi dan tsunami 28 September 2018, menunjukkan bahwa mitigasi bencana di Kota Palu,

merupakan hal yang perlu serius untuk dikaji, karena Kota Palu merupakan ibukota Propinsi Sulawesi Tengah dengan jumlah penduduk dan pembangunan paling besar dibanding kota/kabupaten lainnya.

Secara geografis, Kota Palu terletak antara $0^{\circ},36'' - 0^{\circ},56''$ Lintang Selatan dan $119^{\circ},45'' - 121^{\circ},1''$ Bujur Timur, tepat berada di bawah garis khatulistiwa dengan ketinggian 0 - 700 meter dari permukaan laut. Kota Palu terdiri dari 8 Kecamatan, yaitu:

- Kecamatan Palu Barat: Kelurahan Ujuna, Baru, Siranindi, Kamonji, Balaroa dan Lere.
- Kecamatan Tatanga: Kelurahan Duyu, Pengawu, Palupi, Tawanjuka, Boyaoge dan Nunu.
- Kecamatan Ulujadi: Kelurahan Donggala Kodi, Kabonena, Silae, Tipu, Buluri dan Watusampu.
- Kecamatan Palu Selatan: Kelurahan Birobuli Selatan, Petobo, Birobuli Utara, Tatura utara, dan Tatura Selatan.
- Kecamatan Palu Timur: Besusu Barat, Besusu Tengah, Besusu Timur, Lolu Utara dan Lolu Selatan.
- Kecamatan Mantikulore: Kelurahan Talise, Tanamodindi, Lasoani, Kawatuna, Poboya, Tondo, Layana Indah dan Talise Valangguni.
- Kecamatan Palu Utara: Kelurahan Mamboro, Taipa, Kayumaleo Pajeko, Kayumaleo Ngapa, dan Mamboro Barat.
- Kecamatan Tawaeli: Kelurahan Panau, Lambara, Baiya, Pantoloan dan Pantoloan Boya (BPS, 2017).

Salah satu mitigasi yang dapat dilakukan dalam rangka pembangunan kembali Kota Palu adalah menentukan lokasi yang mempunyai sebaran intensitas minimum yang sama berdasarkan peta isoseismal. Tujuan penelitian ini adalah memetakan kontur isoseismal untuk melihat sebaran isoseismal minimum. Peta Isoseismal merupakan peta yang menggambarkan daerah dengan nilai intensitas gempa yang sama di daerah seputar gempa (Nugraha, et al., 2014). Berdasarkan peta isoseismal tersebut dapat ditentukan wilayah yang memiliki resiko bencana terkecil, jika bencana gempabumi kembali terjadi di Kota Palu. Peta isoseismal dibuat dengan menggunakan data makroseismik. Data makroseismik adalah data yang diperoleh dari hasil survey terhadap titik kerusakan di lapangan paska gempabumi. Data makroseismik ini berupa data tingkat kerusakan bangunan, jalan, dan fasilitas-fasilitas lainnya yang disesuaikan dengan standar internasional *Modified Mercalli Intensity* (BMKG, 2018).

Manfaat dari hasil penelitian Sebaran Iseoseismal Minimum ini dapat digunakan sebagai informasi baik saat tanggap darurat untuk penentuan lokasi evakuasi, juga dapat digunakan sebagai informasi untuk detail tata ruang pembangunan Kota Palu selanjutnya.

2. Data dan Metodologi

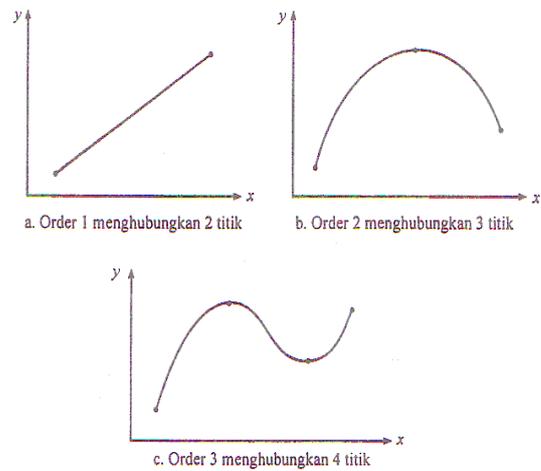
2.1. Data dan Lokasi

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data batas geografi desa dan data sesar di Kota Palu dalam format shp, kemudian input data survey makroseismik serta data hasil interpolasi intensitas dengan satuan MMI, yang ditunjukkan dalam Lampiran pada Tabel 1. Lokasi penelitian difokuskan didalam Kota Palu sesuai

ketersediaan data makroseismik dan data citra satelit Kota Palu.

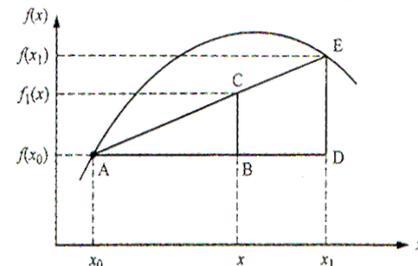
2.2. Metodologi

Metode penelitian yang dilakukan adalah plotting dan interpolasi data makroseismik melalui *spatial analyst*. Interpolasi spasial adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak disampel atau diukur, sehingga terbuatlah peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah (Pramono, 2008), (Qulin et. al, 2014). Metoda interpolasi paling sederhana adalah interpolasi linier (Atmika, 2016). Pada interpolasi linier jika ada 2 (dua) titik data, maka akan dihasilkan satu garis lurus, tetapi jika data lebih banyak dan ter-grid dengan baik, maka hasil interpolasi akan semakin baik. Contoh hasil interpolasi menggunakan 2, 3 dan 4 titik data ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Contoh hasil interpolasi.

Dalam proses pengolahan data metoda interpolasi secara rumusan matematik ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Interpolasi linier.

Pada Gambar 2.2 terlihat ada nilai suatu fungsi di titik x_0 dan x_1 , yaitu $f(x_0)$ dan $f(x_1)$. Dengan metode interpolasi linier akan dicari nilai fungsi di titik x , yaitu $f_1(x)$. Indeks 1 pada $f_1(x)$ menunjukkan bahwa interpolasi dilakukan dengan interpolasi polinomial orde satu. Dari dua segitiga sebangun ABC dan ADE seperti tampak dalam Gambar 2.2, terdapat hubungan berikut:

$$\frac{BC}{AB} = \frac{DE}{AD} \quad (1)$$

$$\frac{f_1(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} \quad (2)$$

$$f_1(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} (x - x_0) \quad (3)$$

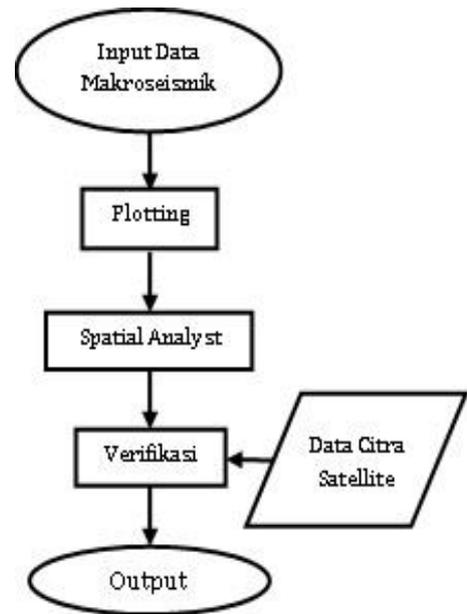
Persamaan (1) sampai (3) merupakan bentuk interpolasi polinomial orde satu. Suku $[f(x_1)-f(x_0)]/(x_1-x_0)$ adalah kemiringan garis yang menghubungkan dua titik data dan merupakan perkiraan beda hingga dari turunan pertama. Semakin kecil interval antara titik data, hasil perkiraan akan semakin baik.

Untuk lingkup spasial yang kompleks, dalam penelitian digunakan Inverse Distance Weighted (IDW), Metode IDW dikelompokkan dalam estimasi deterministik berdasarkan perhitungan matematik (Pramono, 2008). IDW mengasumsikan bahwa nilai pada lokasi yang tidak terukur adalah nilai rata-rata antara 2 (dua) titik terdekat dalam bidang sekitar. Dalam hal ini, IDW mempertimbangkan poin-poin itu lebih dekat ke lokasi prediksi yang memiliki lebih banyak pengaruh pada nilai prediksi. (Qulin et. al, 2014). Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (weight) akan berubah secara linear sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. (Pramono, 2008), Perumusan Metoda IDW sebagai berikut:

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^s Z_i \frac{1}{d_i^K}}{\sum_{i=1}^s \frac{1}{d_i^K}} \quad (4)$$

dimana Z_0 = nilai yang diprediksi pada unsampled lokasi, Z_i = nilai yang diamati, d_i = jarak lokasi prediksi dan lokasi terukur, dan s = jumlah sampel yang diukur, K = kekuatan parameter tingkat pengurangan bobot seiring meningkatnya jarak.

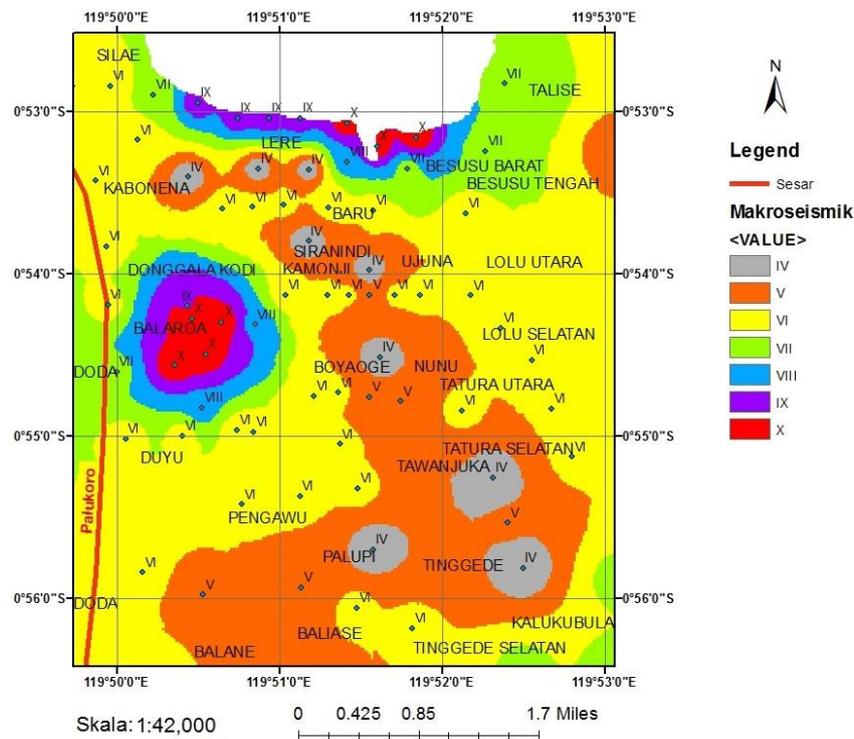
Hasil IDW ini, kemudian diverifikasi dengan data citra satelit *Pleiades* dan data dokumentasi foto survey. Diagram alir penelitian secara lengkap ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Diagram alir penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil interpolasi menggunakan *spatial analyst* terhadap data makroseismik memperlihatkan sebaran isoseismal mulai intensitas minimal IV MMI sampai dengan intensitas maksimal X MMI sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.1. Intensitas maksimal X MMI ditandai kontur warna merah dan untuk intensitas minimal IV MMI ditandai kontur warna abu-abu yang dikelilingi kontur warna orange. Kontur lokasi yang berwarna abu-abu tersebut merupakan sebaran isoseismal paling minimum.



Gambar 3.1 Hasil interpolasi *spatial analyst* data makroseismik

Untuk memvalidasi hasil interpolasi tersebut maka diperlukan verifikasi dengan menggunakan data citra satelit. Data citra satelit yang digunakan adalah data citra satelite *Pleiades* resolusi tinggi tanggal 30 September 2018, 2 hari setelah kejadian bencana.

Agar validasi hasil interpolasi menunjukkan validitas yang baik, maka verifikasi dilakukan terhadap hasil interpolasi *spatial analyst* data makroseismik yang mengalami kerusakan terparah. Ada 2 (dua) lokasi terparah yang ditandai oleh kontur dengan warna merah pada Gambar 3.1.

Berdasarkan letak koordinat lintang dan bujur bumi dari data survey makroseismik, 2 (dua) titik lokasi terparah tersebut adalah titik lokasi yang menunjukkan keberadaan Jembatan Ponulele yang roboh dan terjadinya liquifaksi di Desa Balaroa. Hasil foto real dilapangan terhadap 2 (dua) lokasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3. Dalam Gambar 3.2 dan Gambar 3.3, dapat dilihat situasi dan kondisi sebenarnya skala intensitas kerusakan maksimum yang merupakan kategori nilai X MMI.

Hasil interpolasi *spatial analyst* data makroseismik 2 (dua) lokasi terparah tersebut kemudian difokuskan untuk dilakukan verifikasi dengan data citra satelit *Pleiades* yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.

Data citra satelit yang akan dijadikan verifikasi yaitu menggunakan data citra satelit *Pleiades* sebelum dan 2 (dua) hari setelah kejadian bencana. Dua data citra ini digunakan agar dapat menunjukkan validitas kebenaran adanya lokasi yang mengalami kerusakan sesudah terjadinya bencana. Data citra satelit sebelum dan sesudah terjadinya bencana ditunjukkan pada Gambar 3.4.

Pada Gambar 3.4 point A adalah data satelit yang menunjukkan sebelum adanya bencana yang merusak di sepanjang Teluk Palu dan Jembatan Ponulele, dan point B menunjukkan adanya bencana yang menyebabkan kerusakan terhadap Teluk Palu dan robohnya Jembatan Ponulele. Kemudian pada Gambar 3.4 point C adalah letak Desa Balaroa sebelum terjadi Liquifaksi dan point D adalah kondisi adanya liquifaksi di Desa Balaroa.

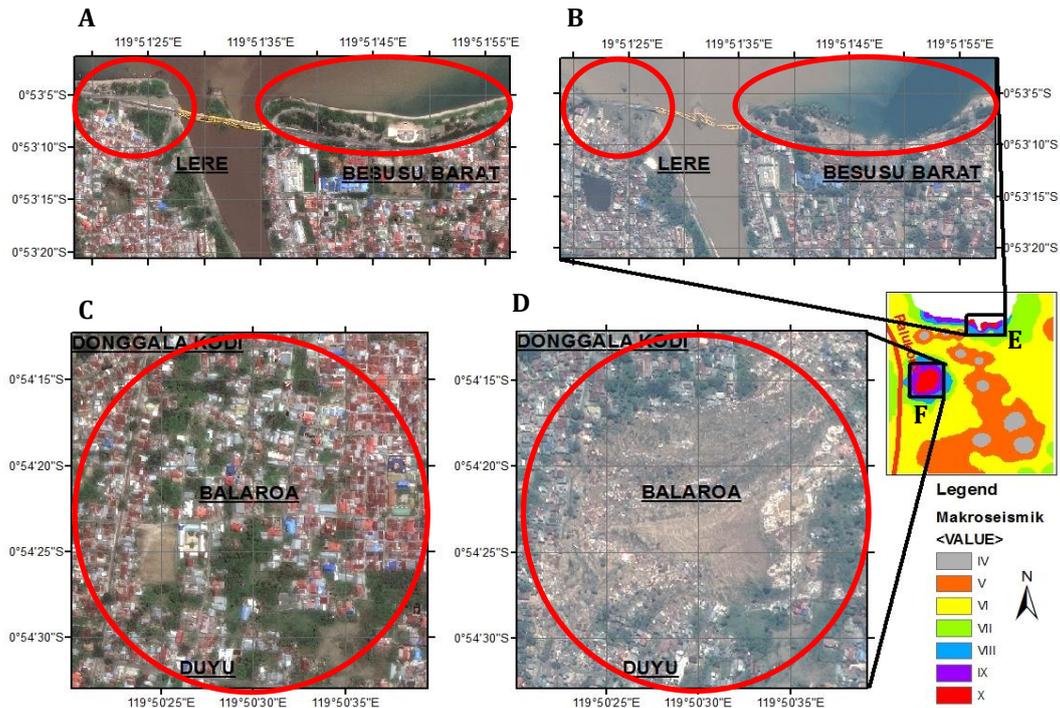
Berdasarkan Gambar 3.4, hasil verifikasi menggunakan data citra satelit *Pleiades* 2 hari sesudah gempa bumi utama, menunjukkan adanya kecocokan antara 2 (dua) lokasi intensitas maksimal yang ditandai kontur berwarna merah dalam kotak garis luar warna hitam yaitu Point E dan Point F, dengan lokasi kerusakan terdampak paling parah yang ditunjukkan point B dan point D.



Gambar 3.2 Jembatan Ponulele yang roboh di Teluk Palu (Foto diambil dari arah timur menghadap ke barat).



Gambar 3.3 Liquifaksi di pemukiman Perumnas di Matonda Balaroa (koordinat lokasi 0.909 LS, 119.839 BT).



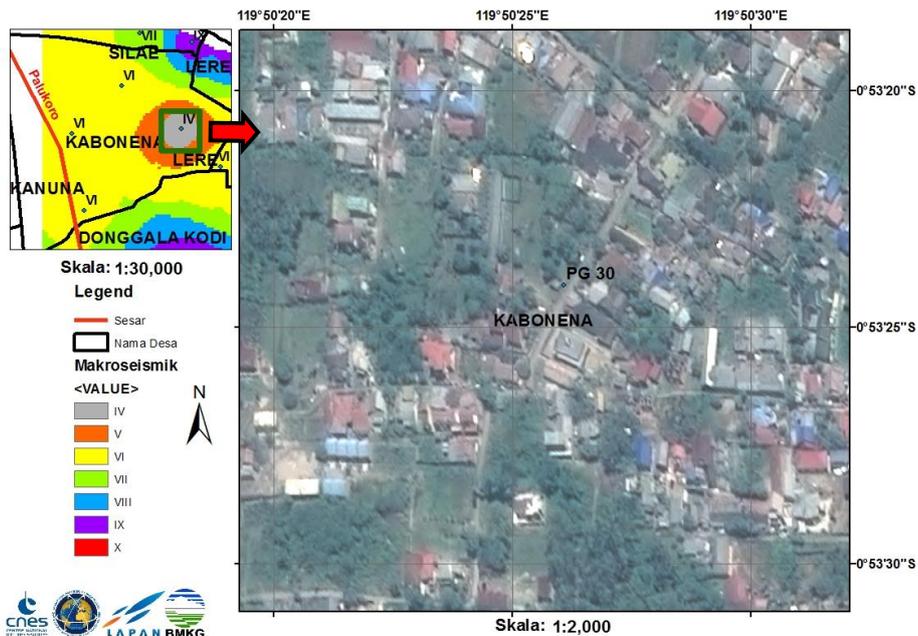
Gambar 3.4 Verifikasi data makroseismik yang mempunyai intensitas tinggi menggunakan data citra satelit.

Dengan kecocokan hasil verifikasi menggunakan data citra satelit pada Gambar 3.4, maka pengolahan data makroseismik mempunyai nilai validasi yang cukup baik untuk dapat menggambarkan kontur sebaran isoseismal minimum yang ingin diketahui.

Dari hasil data makroseismik yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 sebelumnya, terlihat nilai skala minimal kerusakan yang terjadi yaitu IV MMI. Kontur nilai skala IV MMI yang dikelilingi oleh kontur nilai skala kerusakan V MMI tersebut berada di 8 (delapan) area yaitu Desa Kabonena, Desa Lere, Desa Kamonji, Desa Siranindi, antara

Desa Boyaoge dan Desa Nunu, Desa Tawanjuka, Desa Palupi dan Desa Tinggede.

Pada 8 (delapan) area yang memiliki Intensitas minimal IV MMI tersebut, kemudian akan ditunjukkan kondisinya berdasarkan data citra satelit dua hari sesudah kejadian bencana dari mulai Gambar 3.5 sampai dengan Gambar 3.15. Selain data satelit juga ditunjukkan data foto dokumentasi saat pengukuran 8 (delapan) titik makroseismik yang mewakili masing-masing 8 (delapan) area tersebut dari mulai Gambar 3.6 sampai dengan Gambar 3.18.

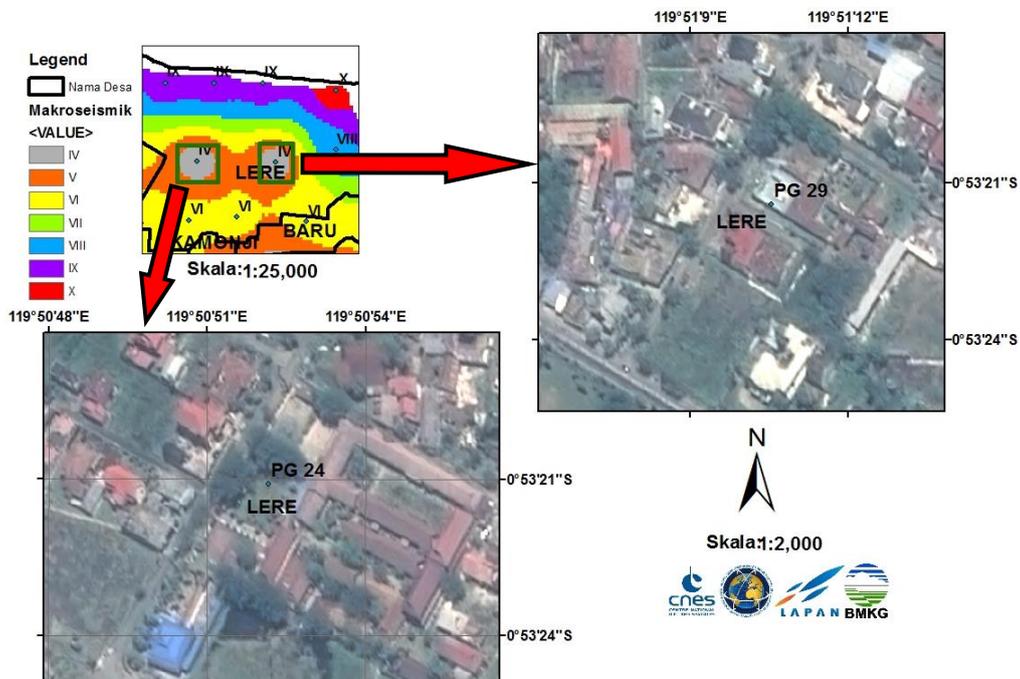


Gambar 3.5 Verifikasi data citra satelit 2 hari sesudah kejadian bencana terhadap Data Makroseismik IV MII yang berada di Desa Kabonena.



Gambar 3.6 Foto dokumentasi pengukuran makroseismik di salah satu titik di Desa Kabonena (PG30).

Gambar 3.6 adalah foto dokumentasi titik survey PG30 di Desa Kabonena dengan keterangan kondisi bangunan Retak Rambut yang merupakan kategori Intensitas IV MMI dengan koordinat lokasi 0.89003 LS; 119.84058 BT, (depan masjid Nurut Taubah) yang diukur pada tanggal 4 Oktober 2018 jam 04.37 UTC.



Gambar 3.7 Verifikasi data citra satelit 2 hari sesudah kejadian bencana terhadap data makroseismik IV MII yang berada di Desa Lere.



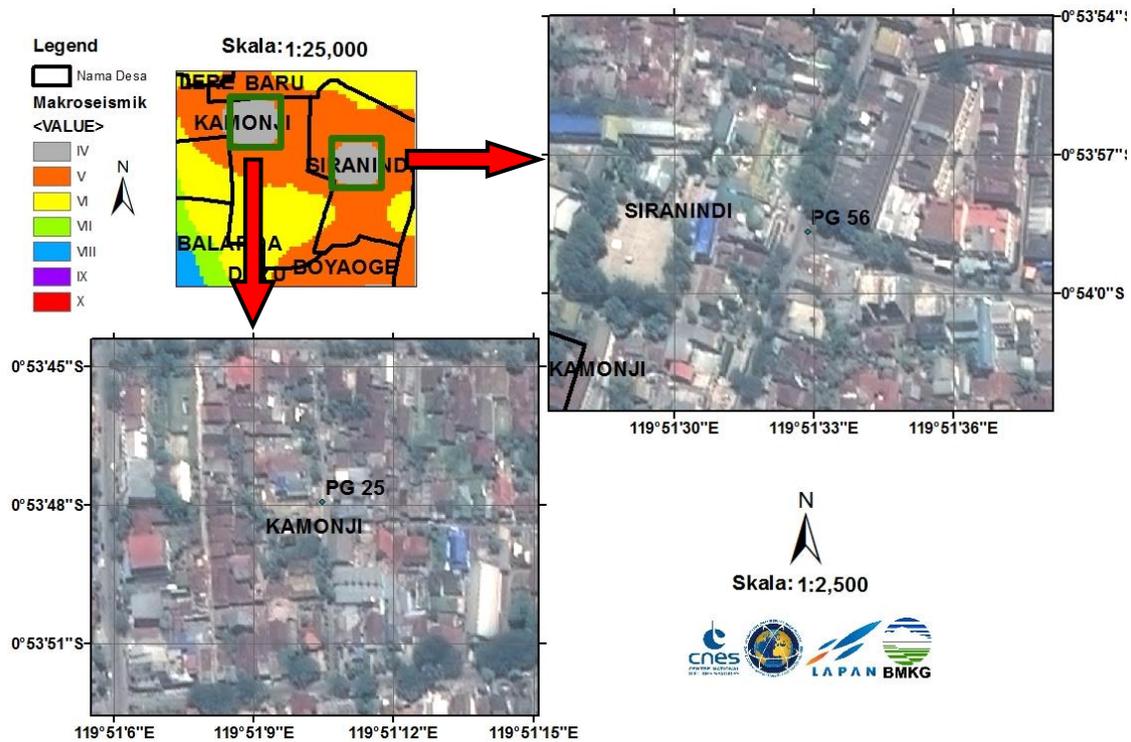
Gambar 3.8 Foto dokumentasi pengukuran makroseismik di salah satu titik di Desa Lere (PG24).

Gambar 3.8 adalah data dokumentasi titik survey PG24 di Desa Lere dengan kondisi bangunan utuh, sebagian pagar roboh yang merupakan kategori Intensitas IV MMI dengan koordinat lokasi 0.88919 LS; 119.84772 (SMAN 4 Palu) yang diukur pada tanggal 4 Oktober 2018 jam 06.37 UTC.

Gambar 3.9 adalah data dokumentasi titik survey PG29 di Desa Lere dengan kondisi bangunan Retak Rambut yang merupakan kategori Intensitas IV MMI dengan koordinat lokasi 0.88928 LS; 119.85293 BT (Jalan Diponegoro) yang diukur pada tanggal 4 Oktober 2018 jam 03.40 UTC.



Gambar 3.9 Foto dokumentasi saat pengukuran di salah satu titik di Desa Lere (PG29).



Gambar 3.10 Verifikasi data citra satelit 2 hari sesudah kejadian bencana terhadap Data Makroseismik IV MII yang berada di Desa Kamonji dan Desa Siranindi.



Gambar 3.11 Foto dokumentasi saat pengukuran di salah satu titik di Desa Kamonji (PG25).



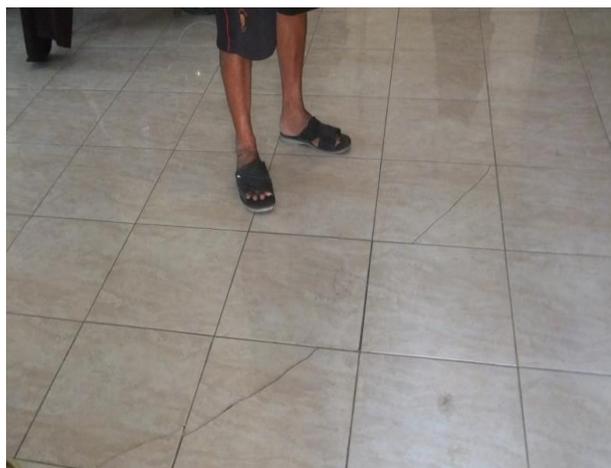
Gambar 3.12 Foto dokumentasi saat pengukuran di salah satu titik di Desa Siranindi (PG56).

Gambar 3.11 adalah data dokumentasi titik survey PG25 di Desa Kamonji dengan kondisi bangunan bagus, hanya dinding bagian samping retak yang merupakan kategori Intensitas IV MMI dengan koordinat lokasi 0.89665 LS; 119.85291 BT, yang diukur pada tanggal 5 Oktober 2018 jam 17.05 WITA.

Gambar 3.12 adalah data dokumentasi titik survey PG56 di Desa Siranindi dengan kondisi bangunan tidak mengalami kerusakan, kecuali pada lantai tertinggi ruko yang merupakan kategori Intensitas IV MMI dengan koordinat lokasi 0.89963 LS ; 119.85913 BT, yang diukur pada tanggal 5 Oktober 2018 jam 16.10 WITA.



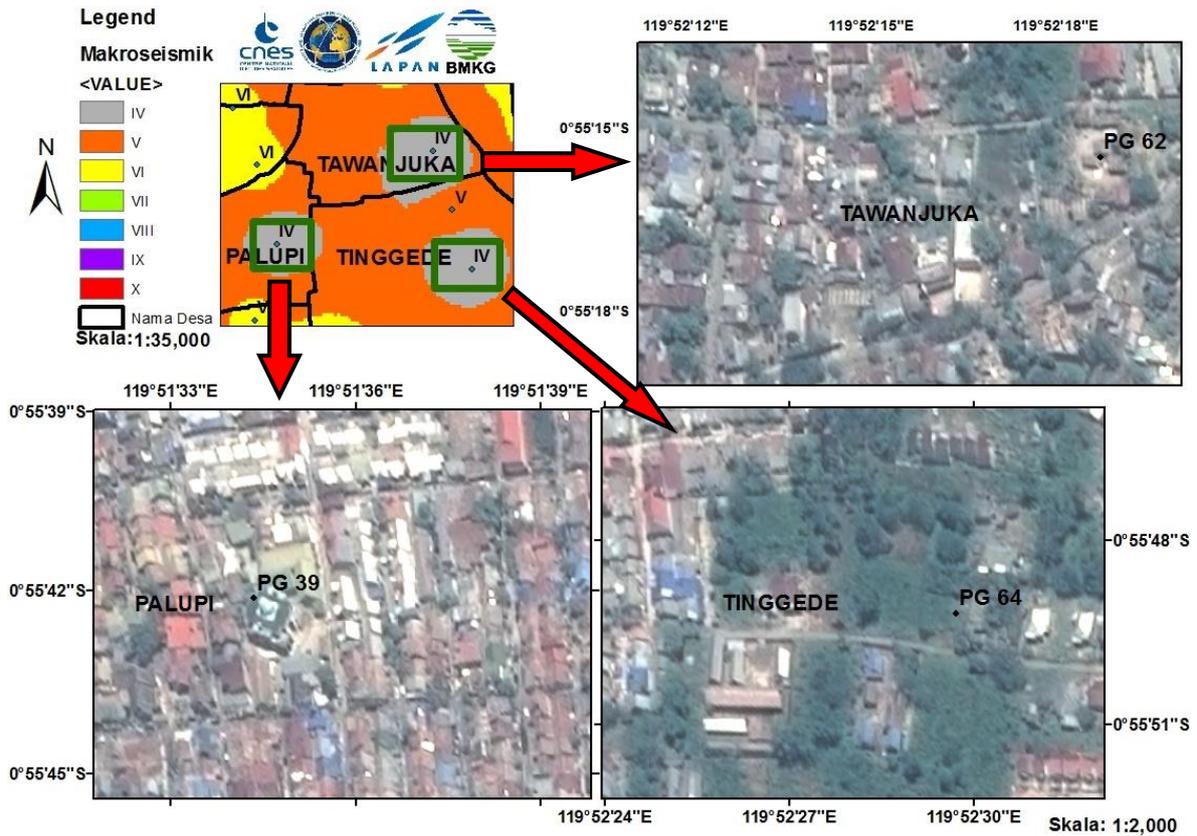
Gambar 3.13 Verifikasi data citra satelit 2 hari sesudah kejadian bencana terhadap Data Makroseismik IV MII yang berada diantara Desa Boyaoge dan Desa Nunu.



Gambar 3.14 Foto dokumentasi saat pengukuran di salah satu titik di diantara Desa Boyaoge dan Desa Nunu (PG32).

Gambar 3.14 adalah data dokumentasi titik survey PG32 yang terletak diantara Desa Boyaoge dan Desa Nunu dengan kondisi bangunan lantai retak yang merupakan kategori Intensitas IV MMI dengan koordinat lokasi

0.90862 LS ; 119.86028 BT, yang diukur pada tanggal 4 Oktober 2018 jam 05.50 UTC.



Gambar 3.15 Verifikasi data citra satelit 2 hari sesudah kejadian bencana terhadap Data Makroseismik IV MII yang berada di Desa Tawanjuka, Desa Tinggede dan Desa Palupi



Gambar 3.16 Foto dokumentasi saat pengukuran di salah satu titik di Desa Palupi (PG39).



Gambar 3.17 Foto dokumentasi saat pengukuran di salah satu titik di Desa Tawanjuka (PG62).



Gambar 3.18 Foto dokumentasi saat pengukuran di salah satu titik di Desa Tinggede (PG64).

Gambar 3.16 adalah data dokumentasi titik survey PG39 di Desa Palupi dengan kondisi bangunan tidak terlalu mengalami kerusakan yang merupakan kategori Intensitas IV MMI dengan koordinat lokasi 0.92837 LS ; 119.85954 BT, yang diukur pada tanggal 6 Oktober 2018 jam 11.51 WITA.

Gambar 3.17 adalah data dokumentasi titik survey PG62 di Desa Tawanjuka dengan kondisi bangunan tidak mengalami kerusakan yang merupakan kategori Intensitas IV MMI dengan koordinat lokasi 0.92097 LS; 119.87187 BT, yang diukur pada tanggal 6 Oktober 2018 jam 13.53 WITA.

Gambar 3.18 adalah data dokumentasi titik survey PG64 di Desa Tinggede dengan kondisi bangunan tidak mengalami kerusakan yang merupakan kategori Intensitas IV MMI dengan koordinat lokasi 0.93033 LS ; 119. 87492 BT, yang diukur pada tanggal 6 Oktober 2018 jam 12.53 WITA.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi dengan kategori rawan rendah yang ditunjukkan dengan distribusi isoseismal minimum ditemukan di 8 area, yaitu terletak di desa Kabonena, Lere, Kamonji, Siranindi, antara Boyaoge dan Nunu, Tawanjuka, Palupi, dan Tinggede.

Sebaran isoseismal minimum di Kota Palu dengan intensitas IV MMI, merupakan lokasi yang lokal, yang mempunyai keterbatasan minimum dalam menampung penduduk. Lokasi ini bukan berarti aman dari gempabumi, karena sesar-sesar di lokasi ini tetap aktif yang merupakan sumber gempabumi yang harus diwaspadai.

Langkah mitigasi tetap menjadi prioritas pada seluruh area yang berada pada jalur-jalur sesar termasuk di Kota Palu. Oleh karena itu, tata ruang yang baik untuk pengembangan Kota Palu adalah melakukan pembangunan kota yang tangguh menghadapi bencana dengan memperhatikan aspek geologi kebencanaan setempat. Salah satu penerapannya berupa membangun kota sesuai dengan standar bangunan tahan gempa dan mendesain juga tataruang untuk kesiapsiagaan menghadapi tsunami.

5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

6. Referensi

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2018. <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg>.
- BPS (2017). *KOTA PALU DALAM ANGKA*. ISSN : 2502-2830 No. Publikasi/*Publication Number* : 72710.1702 Katalog/*Catalog* : 1102001.7271 BPS Kota Palu *BPS-Statistics Of Palu Municipality*).
- Data Citra Satelit Pleiades, (2018), Lembaga Antariksa dan Penerbangan, Jakarta.
- I Ketut Adi Atmika. (2016). *Diktat Mata Kuliah Metode Numerik Bab IV. Interpolasi*. Fakultas Teknik Universitas Udayana
- Nugraha, J., Pasau, G., Sunardi, B., Widiyantoro, S. *Seismic Hazard Analysis And Isoseismal For Java-Bali-NTB*. Jurnal Meteorologi Dan Geofisika Vol. 15 No.1 Tahun 2014 : 1-11
- Pramono, G. H. (2008). Akurasi Metode IDW dan Kriging Untuk Interpolasi Sebaran sedimen Tersuspensi. Forum geografi, Vol.22, No.1, Juli 2008: 97-110.
- Pusat Studi Gempa Nasional, (2017), *Peta Sumber dan Bahaya Gempabumi Indonesia Tahun 2017*, Puslitbang PUPR.
- Qulin Tan, Xiao Xu. (2014). Comparative Analysis of Spatial Interpolation Methods: an Experimental Study *Journal Sensors & Transducers, Vol. 165, Issue 2, February 2014, pp. 155-163*
- Sutopo, P.N. (2018) Data BNPB: *kerugian-dan-kerusakan-dampak-bencana-di-sulawesi-tengah*. <https://www.bnppb.go.id/kerugian-dan-kerusakan-dampak-bencana-di-sulawesi-tengah-mencapai-1382-trilyun-rupiah> (di akses 29 Oktober 2018).
- Tim Survey Gempabumi dan Tsunami Palu-Donggala (2018). *Laporan Survey Gempabumi Merusak Donggala 28 September 2018*, BMKG

Lampiran

Tabel 1. Data Survey dan Hasil Interpolasi Makroseismik

Latitude	Longitude	Intensitas (MMI)
-0.94068	119.83702	6
-0.94068	119.87492	7
-0.94068	119.88455	7
-0.9365	119.86353	6
-0.93441	119.857835	6
-0.93305	119.84209	5
-0.93232	119.85214	5
-0.93138	119.88455	7
-0.93076	119.8359	6
-0.93033	119.87492	4
-0.92837	119.85954	4
-0.92565	119.873395	5
-0.92374	119.84602	6
-0.92291	119.85201	6
-0.92208	119.858	6
-0.92097	119.87187	4
-0.91886	119.88	6
-0.91753	119.85611	6
-0.91699	119.8341	6
-0.9167	119.83993	6
-0.91628	119.84724	6
-0.9160925	119.8456	6
-0.91407	119.86867	6
-0.91387	119.87791	6
-0.91382	119.84198	8
-0.913155	119.862335	5
-0.9126975	119.8591675	5
-0.91259	119.85348	6
-0.91224	119.856	6
-0.910105	119.8332	7
-0.90945	119.83914	10
-0.90888	119.87582	6
-0.90862	119.86028	4
-0.9083	119.84232	10
-0.905565	119.872675	6
-0.90524	119.84743	8
-0.905	119.844	10
-0.904587	119.840925	10

-0.90335	119.84046	9
-0.90322	119.8323	6
-0.90225	119.86953	6
-0.90221	119.86437	6
-0.90219	119.86179	6
-0.90217	119.85052	6
-0.90217	119.854865	6
-0.90217	119.8570375	6
-0.90217	119.85921	5
-0.89963	119.85913	4
-0.89719	119.83213	6
-0.89665	119.85291	4
-0.89378	119.86908	6
-0.89351	119.85953	6
-0.89334	119.84401	6
-0.893215	119.8549225	6
-0.89313	119.8471625	6
-0.89292	119.850315	6
-0.89044	119.83101	6
-0.89003	119.84058	4
-0.88928	119.85293	4
-0.8892	119.86308	7
-0.88919	119.84772	4
-0.88846	119.8569	8
-0.88741	119.87107	7
-0.88741	119.88455	5
-0.88685	119.85999	10
-0.88624	119.8354	6
-0.885955	119.863985	10
-0.8845	119.8569	10
-0.88401	119.84562	9
-0.88401	119.84884	9
-0.88401	119.85206	9
-0.88241	119.84155	9
-0.88159	119.83694	7
-0.88068	119.83256	6
-0.88065	119.82861	6
-0.88042	119.87303	7
-0.87481	119.88455	6